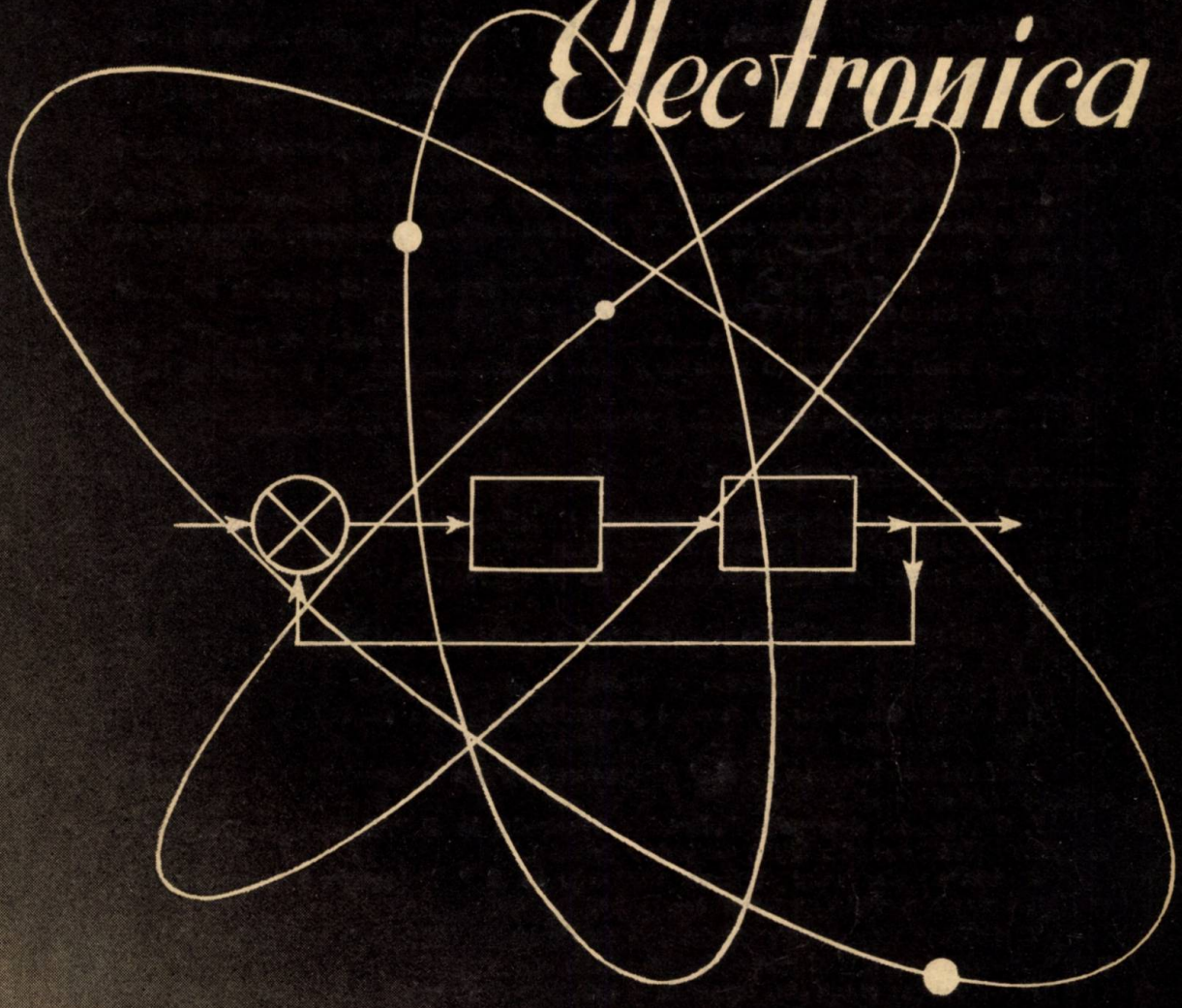
Automatica și Electronica



E 2551

VOL. 4
1960
Nr. 1
IANUARIE
FEBRUARIE
P. 1 — 48
BUCUREȘTI

Tematica generală a revistei Automatica și electronica

AUTOMATICA

1. Teoria reglării automate, sisteme liniare și neliniare, continue sau discontinue (articole originale).

2. Aplicații la teoria reglării automate. Exemple de calcul al diverselor instalații automate (articole originale).

3. Instalații automate realizate în R.P.R. (construcție, performanță, verificări experimentale) în diverse ramuri din industrie (articole originale).

4. Aparate (electrice, electronice și mecanice) utilizate în automatică (articole originale privind aparate construite în R.P.R. sau articole de informare privind aparate străine de importanță și utilizare consacrată).

5. Mașini de calcul electronice și aplicațiile lor în automatică (articole originale privind realizări indigene sau articole de sinteză și de informare).

6. Cibernetică tehnică, automatizări complexe, instalații automate combinate cu mașini electronice de calcul (articole de sinteză și informare sau originale cînd va fi posibil).

7. Probleme economice legate de automatizarea industrială în R.P.R.

ELECTRONICA INDUSTRIALĂ

1. Teoria circuitelor electronice cu aplicații industriale (articole originale privind cercetări teoretice noi asupra unor circuite cunoscute sau asupra unor circuite noi).

2. Metode noi în electronica industrială și electrofizică (articole de sinteză sau originale).

3. Teoria și aplicațiile tranzistoarelor și a circuitelor cu tranzistoare (articole de sinteză sau originale).

4. Teoria încălzirii inductive și dielectrice și aplicațiile ei (articole originale).

5. Aparate electronice de măsură și control construite în R.P.R. cu aplicații în diverse procese industriale.

6. Metode de fabricare în R.P.R. (sau cercetări) a materialelor sau a pieselor utilizate în electronică.

7. Generatoare electronice industriale construite în R.P.R. (construcție, performanță, verificări experimentale) (articole originale).

8. Aparate electronice medicale construite în R.P.R. (construcție, performanțe, verificări experimentale) (articole originale).

9. Aplicații diverse ale electronicii în procesele industriale (articole originale privind realizări în R.P.R. sau articole de sinteză).

10. Probleme economice legate de dezvoltarea electronicii industriale în R.P.R.

TEHNICA NUCLEARĂ (*articole de sinteză și informare sau originale cînd sînt legate de realizări în R.P.R.*).

1. Fizică nucleară aplicată.

2. Reactoare nucleare.

3. Acceleratoare de particule.

4. Instrumente electronice pentru măsurarea și detectarea radiațiilor nucleare.

5. Producerea și separarea izotopilor.

6. Utilizarea izotopilor radioactivi în industrie.

TEHNICA MĂSURĂTORILOR

1. Probleme generale legate de controlul și măsurarea în procesele industriale.

2. Aparate de măsură utilizate în controlul proceselor industriale. Articole de informare sau sinteză privind aparate sau metode noi străine, articole originale privind aparatura construită în țară.

Automatica și Electronica

Vol. 4 (1960) nr. 1 (ianuarie—februarie), p. 1—48.

CUPRINS

EDITORIAL :

Tendințe noi în automatică

Automatica și electronica, 4 (1960) nr. 1, p. 1.

CZ 621—533. 6 : 669. 041 : 621.783

PAPADACHE, I. și SAPSA, M. :

Automatizarea cuptoarelor industriale (II)

Automatica și electronica, 4 (1960) nr. 1, p. 2—10.

Se prezintă scheme de cuptoare automatizate realizate în industria metalurgică din diferite țări și care au dat rezultate satisfăcătoare. Se arată problemele puse de diferite cuptoare.

CZ 531.784 :662.276.53

ANDREI, AL. și NICULESCU, CL. :

Aparatură pentru controlul centralizat al diagramelor de pompare la sondele de extracție petrolieră.

Automatica și electronica, 4 (1960) nr. 1, p. 11—14.

Se prezintă o instalație realizată în țară, avînd ca scop măsurarea la distanță a diagramei de variație a eforturilor din tija lustruită, în funcție de cursă. Se tratează mai amplu problema traductorului de sarcină, de tip magnetoelasrtic.

CZ 621—52 :621.314.7

HERȘCOVICI, H. și CĂLUȘITĂ, M. :

Utilizarea tranzistoarelor în instalațiile automate industriale.

Automatica și electronica, 4 (1960) nr. 1, p. 15—21.

Se arată problemele caracteristice care apar la utilizarea tranzistoarelor în instalațiile de reglare automată. În încheiere se prezintă partea electronică a unui regulator construit la I.C.E.T.

CZ 621.3.014.31.025

HĂNGĂNUȚ, M. și DRAHNY, M. :

Circuitul unui arc electric de curent alternativ amorsat artificial.

Automatica și electronica, 4 (1960) nr. 1, p. 21—27.

Se stabilesc expresiile matematice ale mărimilor electrice din circuitul unui arc electric de c.a. amorsat artificial. Se dau grafice reprezentînd valorile parametrilor de bază ai circuitului, în funcție de momentul de amorsare.

CZ 621.317.311 :621.319.4—26

HERȘCOVICI, H. și BOROCIN, L. :

Condensatorul vibrant și utilizarea lui în electrometrie.

Automatica și electronica, 4 (1960) nr. 1, p. 28—33.

Se prezintă succint teoria condensatoarelor vibrante, după care se descrie un condensator vibrant realizat la I.C.E.T., cu indicarea rezultatelor obținute.

CZ 621.384.611 :621.317.4

INDREAȘ, G., OGNEV, A. A. și SCEGOLEV, V. A. :

Măsurători magnetice asupra ciclotronului.

Automatica și electronica, 4 (1960) nr. 1, p. 33—37.

După o succintă expunere a condițiilor ce trebuie îndeplinite de către cîmpul magnetic al ciclotronului pentru o funcționare normală și metodele lor de realizare, se prezintă trei din cele mai importante metode de măsură a cîmpului magnetic la acceleratoare, cu o comparație critică.

CZ 537.523/.525 :538.56.029.5

TOTH, T. :

Aparatură electronică pentru studiul producerii descărcărilor de înaltă frecvență.

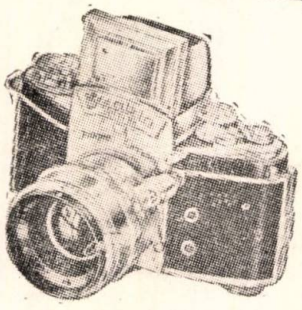
Automatica și electronica, 4 (1960) nr. 1, p 38—43.

După ce se prezintă mecanismul producerii descărcărilor de înaltă frecvență, se descrie o instalație experimentală destinată studiului formării plasmei sub acțiunea cîmpului electric de înaltă frecvență. Se dau rezultate experimentale.

PENTRU TÎNĂRUL INGINER, p. 44—48.

Fiecăruia

un aparat reflex cu oglindă pentru film îngust



EXAKTA Varex

camera cea mai bună pentru cele mai înalte exigențe

EXA

aparatul reflex cu oglindă simplificat pentru fotografii reușite de amatori

Remitem cu plăcere prospectele noastre

IHAGEE KAMERAWERK AG I.V. DRESDEN A 18

Informații despre posibilități de procurare și prețuri prin:

TECHNOIMPORT, București, Str. Doamnei Nr. 5

Revista AUTOMATICA ȘI ELECTRONICA, organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. Editor: Asociația Științifică a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. Redacția: București, Str. Ion Ghica nr. 3, Raion Tudor Vladimirescu. Telefon: 14.15.95 și 16.78.78. Administrația și casieria: București, Calea Victoriei nr. 118, Raion I. V. Stalin. Telefon: 14.06.24. Redacția își rezervă toate drepturile privind lucrările precum și materialul grafic-ilustrativ apărut în revistă, cît și cele privitoare la traducerea în limbi străine. Se admit extrase sau comentarii numai cu indicarea completă a sursei. Revista apare o dată la două luni. Abonamentele se primesc la administrația revistei, la sediile filialelor și subfilialelor ASIT din întreaga țară precum și la responsabilii cu presa din cercurile ASIT. Instituțiile și întreprinderile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinete tehnice în contul nostru de virament: Publicațiile tehnice ASIT 070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin. Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual; individual: lei 30 anual. Prețul unui exemplar: lei 5.

Tiparul: Întreprinderea Poligrafică nr. 2, București.

Automatica și Electronica

REVISTĂ TEHNICO-ȘTIINȚIFICĂ DE AUTOMATICĂ, ELECTRONICĂ INDUSTRIALĂ ȘI TEHNICĂ NUCLEARĂ

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.

Vol. IV (p. 1—48) Nr. 1, ianuarie—februarie București, 1960

MUZEUL TEHNIC

EDITORIAL

Tendințe noi în automatică

Ne propunem să trecem în revistă în acest editorial cîteva din dezvoltările caracteristice ale automaticii industriale din ultimii doi ani.

În domeniul elementelor componente ale sistemelor automate faptul cel mai important il formează introducerea în construcția lor a electronicii. Unele sisteme de automatizare de tip electronic erau fabricate de mai mulți ani, dar numai în ultimul timp adăugarea de echipament nou precum și îmbunătățirea substanțială a echipamentului de tip mai vechi a asigurat acestor elemente electronice o întrebuințare generală compatibilă cu a elementelor pneumatice O standardizare a mărimilor de intrare și ieșire nu s-a putut încă realiza nici măcar în măsura în care o oarecare standardizare este aplicată în sistemele pneumatice. Se întîlnesc sisteme electronice cu curent continuu sau alternativ deși primele sînt de o întrebuințare mai generală. Sistemele de curent continuu cu mărimi de intrare și ieșire care variază de la 1 la 5 mA sau 10 la 50 mA iar cele de curent alternativ diferă între ele prin tensiune și fază. În general însă elementele electronice au actualmente o mare siguranță de funcționare datorită întrebuințării amplificatorilor magnetici și a tranzistorilor. Întrebuințarea tuburilor electronice se reduce continuu. Din punct de vedere al costului sistemele electronice par a fi numai puțin mai scumpe decît acelea pneumatice deși, dacă se consideră instalațiile în ansamblul lor costul mai redus al circuitelor electrice față de rețeaua pneumatică, poate face diferențele de preț neglijabile. În orice caz, din punct de vedere al posibilităților și a domeniilor de utilizare elementele electronice sînt acum egale celor pneumatice. Viitorul apropiat va arăta în ce măsură se va putea standardiza echipamentul electronic și care va fi dezvoltarea relativă a sistemelor electronice și pneumatice. Dezvoltarea elementelor electronice a ridicat problema acționării ventilului-element de execuție cel mai des întrebuințat în sistemele automate. Întrebuințarea unui ventil pneumatic care cere o alimentare cu aer sub presiune funcționînd cu restul elementelor de principiu electronic nu este satisfăcătoare. Elemente de execuție întrebuințînd motoare electrice au făcut progrese însemnate deși problema unei viteze mari de răspuns cu aceste elemente, necesară în sistemele rapide, este încă deschisă.

Analiza directă a produsului finit reprezintă actualmente deziderațul principal al tehnologilor în legătură cu realizarea unui sistem de reglare automată satisfăcător. În numeroase cazuri se întrebuințează reglarea parametrilor auxiliari : temperatură, presiuni, debite, nivele, pe baza constatărilor experimentale că menținerea lor la anumite valori constante asigură compoziția dorită a produsului finit. În numeroase cazuri această metodă s-a dovedit a nu fi satisfăcătoare. De exemplu, într-o operație de distilare, analizele de laborator au arătat că în 40% din cazuri produsul nu a intrat în domeniul de compoziție acceptat deși coloana a funcționat în condiții aparent stabile. Dintre metodele de analiză noi cromatografia gazelor a reprezentat în 1956—1959 progresul cel mai important, fiind introdusă în legătură cu sistemele de reglare obișnuite. Timpul de răspuns relativ mare al acestor aparate de măsură nu a influențat mult introducerea lor în practică. Rezultatele obținute au fost neașteptat de favorabile. Problema exploatării și întreținerii nu a prezentat dificultăți. Trebuie să menționăm de asemenea întrebuințarea în creșterea analizei prin raze infraroșii care a ajuns la o mare sensibilitate. Analiza se realizează repede și aparatura se introduce direct în sistemele automate de reglare. Titrarea automată care să poată fi introdusă într-un sistem de reglare automată se consideră a fi principala dezvoltare viitoare în analiza produsului. Numeroase procese industriale necesită analize care nu pot fi realizate prin cromatografie, cu infraroșii sau alte metode fizice. Dezvoltarea unei aparaturi care să realizeze operații de analiză cu lichide într-o anumită secvență este o problemă dificilă. Pînă acum introducerea unor asemenea metode direct în sistemul de reglare automată nu a făcut progrese mari dar se consideră că acest domeniu va căpăta o mare dezvoltare în viitor.

În domeniul conducerii automate a proceselor tehnologice progresul cel mai caracteristic din perioada 1958—1959 îl constituie introducerea mașinilor de calcul pentru optimalizarea acestor procese de producție. Pe măsură ce se dezvoltă automatizarea industrială tehnicienii se găsesc în fața unor probleme de reglare automată din ce în ce mai complexe. Procesele tehnologice simple necesită pentru a fi conduse automat elemente care să facă calcule algebrice sau logice elementare. Asemenea elemente nu mai sînt satisfăcătoare în automatizarea ansamblelor complexe și pentru asemenea cazuri s-a impus întrebuințarea calculatorilor numerici sau analogici. Introducerea calculatorilor în conducerea proceselor de producție s-a constatat că este legată de următoarele : *a*) obținerea unei cantități de informație asupra mersului proceselor mult mai extinsă decît era necesară pentru aplicarea sistemelor de reglare obișnuite ; *b*) introducerea elementelor pentru analiza directă a produselor care formează materia primă sau produsul final ; *c*) o importanță crescîndă a cercetărilor în domeniul teoriei sistemelor automate. Una din întrebuințările calculatorilor în producție este legată de prevederea evenimentelor. Dacă legile care sînt la baza desfășurării unui proces sînt cunoscute cu precizie suficientă se poate folosi rapiditatea cu care calculează o mașină electronică pentru a prevedea această desfășurare viitoare — pînă la un anumit moment — și a corecta apoi această desfășurare în sensul convenabil. Un interesant caz de aplicare a unui calculator pentru previziuni a fost făcut de inginerii sovietici la o locomotivă condusă automat.

Estimațiile preliminare au arătat că o asemenea conducere automată poate scădea cu 5% consumul de combustibil și să mărească cu 20% capacitatea de trafic a liniei.

În ce privește problemele de viitor vom încheia editorialul cu următorul extras dintr-o declarație făcută de prof. A. M. Letov (URSS) actual președinte al Federației Internaționale de Automatică (IFAC) în numele unui grup de specialiști sovietici către revista de specialitate ISA Journal (iunie 1959) : „Pentru dezvoltarea viitoare a sistemelor de reglare automată considerăm că este important să se concentreze eforturile oamenilor de știință și a inginerilor pentru a dezvolta sistemele autoadaptabile și sistemele de reglare optimale. Aceste probleme științifice au fost elucidate atît în literatura științifică sovietică cît și în cea americană. Totuși, pentru producătorul de aparatură cît și pentru inginerul automatist cea mai importantă problemă este siguranța funcționării. În ce privește aplicațiile, problema importantă este să se obțină, cu ajutorul metodelor și mijloacelor tehnice ale automaticii, eficiența economică maximă."

ILIE PAPADACHE şi MANDI SAPŞA*)

Automatizarea cuptoarelor industriale (II)

CZ 621–533.6:669.041:621.783

În cele ce urmează se prezintă scheme de cuptoare automatizate realizate în industrie, încălzite cu gaze, din diferite ramuri industriale şi de diferite tipuri.

Industria metalurgică

Unele cuptoare, la care procesul tehnologic nu cere o mare precizie în menţinerea temperaturii iar consumul de combustibil este mic, utilizează de multe ori numai aparate pentru măsurarea parametrilor principali fără a se prevedea şi o reglare automată a acestor parametri.

În fig. 1 se arată schema de măsurare a unui cuptor combinat de uscare şi recoacere utilizat în turnătorii pentru uscarea formelor înainte de turnare (cca. 350°C) şi recoacerea pieselor turnate (cca 650°). La acest cuptor se măsoară temperatura în cîteva puncte cu un milivoltmetru cu comutator, care semnalizează şi depăşirile de temperatură. Temperaturile din punctele principale se înregistrează. Se mai măsoară tirajul şi consumul de gaze.

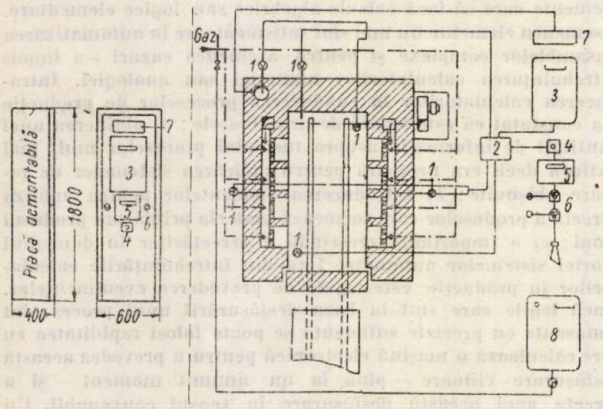


Fig. 1. Schema circuitelor de măsură ale unui cuptor combinat de uscare şi recoacere (după E. PUDIL: Automatisace nr. 1/1958):

1 – termocuplu NiNiCr; *2* – termostat 50°C pentru 12 termocuple; *3* – înregistrator NiNiCr (6 × 50...1200°C); *4* – comutator termocuple; *5* – milivoltmetru indicator NiNiCr (6 × 50 . . . 1200°C); *6* – aparatură semnalizare optică şi acustică; *7* – indicator tiraj (– 25... +16 mm col. apă); *8* – înregistrator debit de gaz şi contor (0...100 m³/h).

Scheme simple similare se pot utiliza şi la cuptoare mici de forjă.

Schema din fig. 2 este eficace şi se aplică la un cuptor de forjă cu recuperator pentru piese mari [1][1] În acest caz se reglează: *1*) presiunea gazului (în cazul cînd aceasta variază în limite mari); *2*) presiunea spaţială din cuptor prin acţionarea asupra şiberului de la coş; *3*) temperatura din cuptor prin acţionarea asupra debitului de gaz şi *4*) debitul de aer în funcţie de

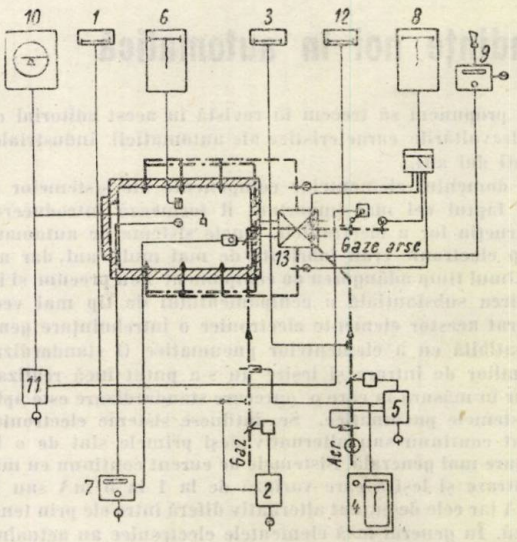


Fig. 2. Schema de măsură şi reglare al unui cuptor de forjă (după E. PUDIL: Automatisace nr. 1/1958):

1 – manometru indicator presiune gaze; *2* – regulator presiune gaze; *3* – manometru indicator presiune aer combustie; *4* – înregistrator consum de gaz; *5* – regulator ardere (pentru proporţia gaz-aer); *6* – înregistrator pentru temperatura din cuptor; *7* – regulator de temperatură; *8* – înregistrator pentru temperaturile din conductele de gaze, canalul de fum şi recuperator; *9* – aparatură de semnalizare optică şi acustică a depăşirilor de temperatură a recuperatorului; *10* – indicator presiune spaţială; *11* – regulator presiune spaţială; *12* – indicator tiraj; *13* – recuperator.

debitul de gaz pentru menţinerea constantă a proporţiei gaz-aer. Pe tabloul cu aparate se indică presiunea spaţială, presiunile gazului şi aerului, tirajul şi se înregistrează temperatura camerei. Temperaturile din recuperator, din conducta de aer şi din canalul de fum se indică cu un aparat indicator cu comutator sau se înregistrează cu un înregistrator multiplu. De asemenea se înregistrează consumul de gaz.

În fig. 3 se arată schema unui cuptor de recoacere cu trei zone de încălzire independente [1]. Temperatura este reglată în fiecare zonă prin variaţia debitului de gaz a grupului de injectoare, care încălzesc zona respectivă. Variaţia debitului de gaz se poate face şi prin comandă manuală. Schema prevede reglarea proporţiei gaz-aer la fiecare grup de arzătoare. Se mai reglează presiunea spaţială în cuptor, presiunile gazului şi aerului de alimentare a cuptorului şi tirajul. Temperaturile din cuptor, din recuperatoare şi din canalul de fum pot fi citite la cerere pe un indicator; temperaturile din cuptor

*) Ing. I. PAPADACHE este şeful secţiei de automatizări şi ing. M. SAPSA, cercetător principal la Institutul de cercetări electrotehnice.

[1]) Bibliografia va fi dată la partea a III-a a articolului.

sînt şi înregistrate; de asemenea se înregistrează şi consumul de gaz.

Automatizarea unui cuptor cu împingere, este arătată în fig. 4 şi fig. 5. Acest gen de cuptor este utilizat pentru încălzirea ţaglelor înainte de laminare. Încălzirea în trei zone ale cuptorului se face cu gaz. Aerul este preîncălzit cu recuperatoare [1]. Fig. 4 arată măsurările făcute la un astfel de cuptor şi anume:

Temperatura în cele trei zone cu termocuple şi pirometre optice. Termocuplele servesc pentru măsurarea temperaturii şi au suficientă precizie, dar din cauza inerţiei mari a lor se utilizează pentru reglare pirometre optice care sînt sensibile şi au inerţie mică. Precizia redusă a pirometrelor optice se corectează cu indicaţiile date de termocuple. Temperaturile din cele trei zone se înregistrează. Se mai măsoară temperatura în recuperatoare, în canalul de fum şi temperatura aerului încălzit.

Presiunea spaţială în cuptor, presiunile în diferite puncte ale cuptorului şi tirajul. Se mai măsoară presiunile aerului de alimentare înainte şi după recuperatoare şi se înregistrează consumul de aer.

Debitele de gaz şi aer pentru fiecare zonă. Măsurarea se face cu balanţe inelare duble pentru a se putea compara proporţia între ele în scopul supravegherii unei arderi corecte. Tot în acest scop se măsoară şi se înregistrează procentele de O_2 din gazele arse cu un analizor de gaze de tip magnetic. Reglările prevăzute la acest cuptor sînt arătate în fig. 5. Reglarea temperaturii se face în fiecare zonă în parte pe baza pirometrelor optice cu radiaţie. În mod obişnuit este prevăzută reglarea presiunii gazului de alimentare, reglarea presiunii spaţiale din cuptor şi reglarea debitului de aer pentru fiecare zonă, în funcţie de consumul corespunzător de gaze. În cazul supraîncălzirii recuperatoarelor un aparat de supraveghere comandă deschiderea unui canal de fum care şuntează recuperatoarele, înlăturînd pericolul avariei lor. Toate acţionările pot fi comandate şi manual, la tablou existînd aparate de măsură, butoane de comandă şi indicatoare pentru procentul de deplasare al organelor de execuţie.

În ultimii ani s-au elaborat aparate care să permită o mai mare elasticitate în realizarea

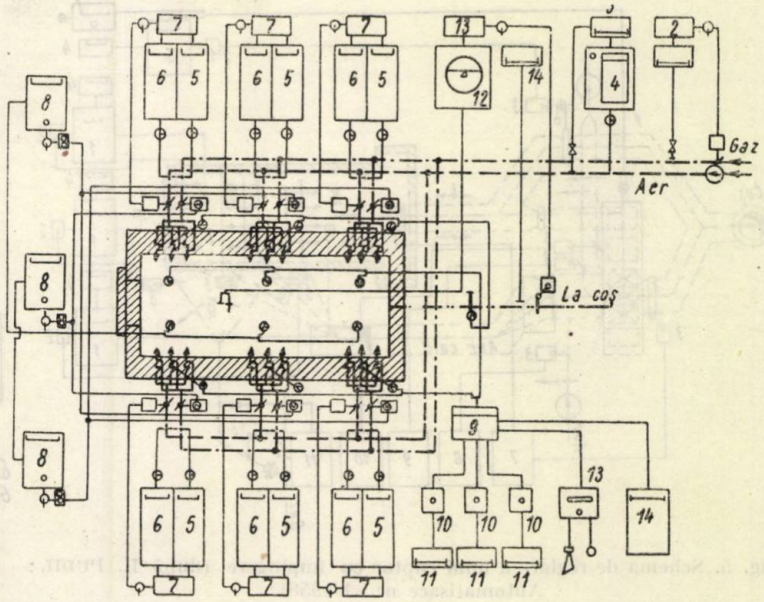


Fig. 3. Schema de măsură şi reglare a unui cuptor de recoacere cu trei zone (după E. PUDIL: Automatisace nr. 1/1958):

1 – indicator presiune gaz; *2* – regulator presiune gaz; *3* – indicator presiune aer combustie; *4* – înregistrator consum de gaz; *5* – înregistrator gaz; *6* – înregistrator aer; *7* – regulator proporţie gaz-aer; *8* – regulator pentru temperatura unei zone a cuptorului; *9* – termostat (50°C) pentru capetele libere ale termocuptorului; *10* – comutatori termocuple; *11* – milivoltmetre indicatoare pentru temperaturile din recuperatoare; *12* – indicator presiune spaţială; *13* – milivoltmetru indicator cu semnalizare pentru temperatura din canalul de fum; *14* – înregistrator al temperaturilor din cuptor.

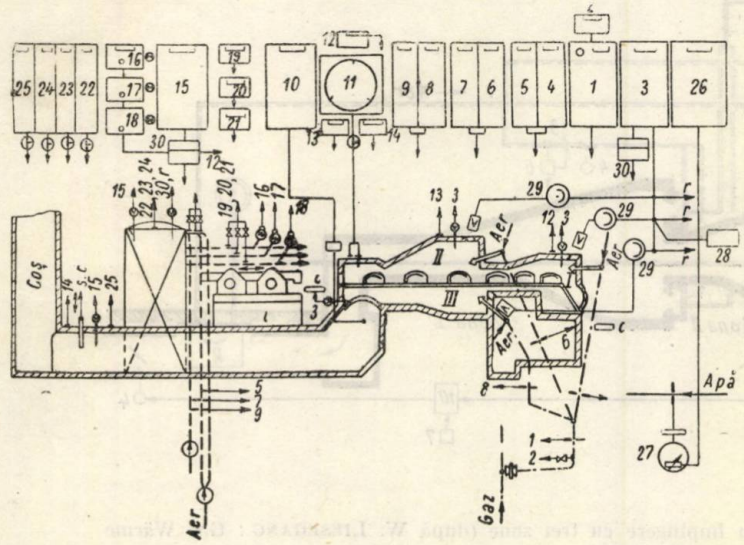


Fig. 4. Schema de măsură a unui cuptor cu împingere (după E. PUDIL: Automatisace nr. 1/1958):

1 – înregistrator consum gaz şi contor (0 – 1500 m^3/h); *2* – indicator presiune gaz (0 – 160 mm col.apă); *3* – înregistrator multiplu de temperatură (3 × 700 – 1400°C, 3 × 50 – 1600°C); *4* – înregistrator debit gaz (0 – 400 m^3/h), *5* – înregistrator debit aer (0 – 6500 m^3/h); *6, 8* – înregistratoare debit gaz (0 – 600 m^3/h); *7.9* – înregistratoare debit aer (0 – 9000 m^3/h); *10* – înregistrator % O_2 din gazele arse (0 – 6% O_2); *11* – indicator presiune spatială (– 10 ... + 10 mm col.apă); *12, 13, 14* – indicatoare tiraj (– 25 ... + 16 mm col. apă); *15* – înregistrator temperatură (50 – 600°C şi 50 – 1200°C); *16, 17, 18* – indicatoare cu semnalizare pentru temperatura aerului de combustie; *19, 20, 21* – indicatoare presiune aer combustie (0 – 630 mm col.apă); *22, 23, 24, 25* – înregistrator multiplu de presiune pentru gazele arse în recuperatoare şi canalul de fum (0 – 250 mm col.apă); *26* – înregistrator consum apă (0 – 250 t/h); *27* – idem; indicator local; *I* – zona de descărcare; *II* – zona superioară; *III* – zona inferioară; *s.c.* – şiberul de la coş; *i* – instalaţie de încărcare; *c* – cărucior; *r* – la schema de reglare (fig. 5).

schemelor de automatizare. În fig. 6 sînt arătate circuitele de reglare ale unui grup de arzătoare la un cuptor Siemens-Martin [2]. Măsurarea debitelor se face cu traductori prevăzuți cu corecție de temperatură și presiune. Se reglează raportul debitelor de gaz de cocs și de gaz de furnal, precum și raportul dintre debitul de aer și suma celor două debite de gaze. Se reglează de asemenea debitul de aer cu o corecție în funcție de temperatura zonei încălzite.

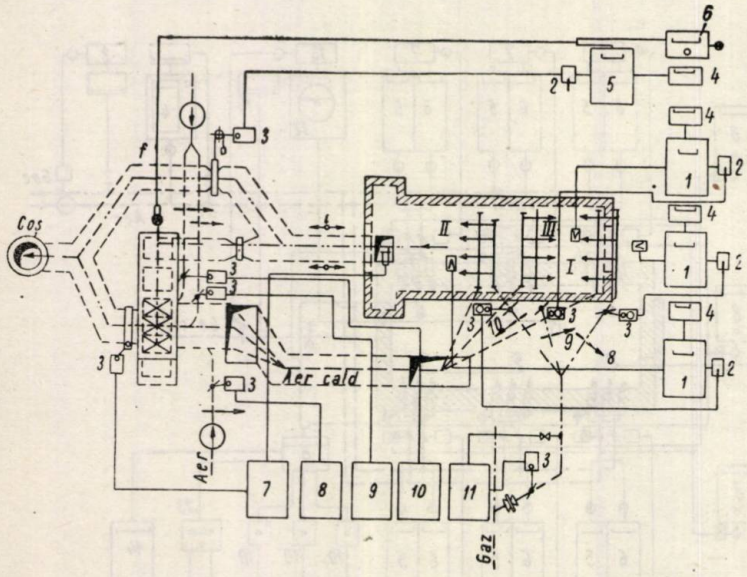


Fig. 5. Schema de reglare a unui cuptor cu împingere (după E. PUDIL: Automatisace nr. 1/1958):

1 – regulator temperatură (700–1400°C); *2* – comutator automat-manual; *3* – element de execuție electric (motor și reductor); *4* – indicator al poziției elementului de execuție (0–100%); *5* – regulator temperatură (20–1200°C); *6* – indicator temperatură cu contact de semnalizare pentru maxim (20...1200°C); *7* – regulator presiune spațială (±5 mm col.apă); *8, 9, 10* – regulatori proporție gaz-aer (49 mm col.apă); *11* – regulator presiune gaz (0–300 mm col.apă); *I* – zona de descărcare; *II* – zona superioară; *III* – zona inferioară; *f* – canal de fum de ocolire a recuperatoarelor; *i* – instalație de împingere.

Automatizarea unui cuptor cu împingere [2] cu aparatură modernă de reglare este arătată în fig. 7. Cuptorul are trei zone de încălzire. Arzătoarele lucrează cu gaz de cocs și aer preîncălzit în recuperator. În fiecare zonă se face reglarea debitului de aer cu o corecție în funcție de temperatură și se reglează de asemenea proporția gaz-aer. Separat este prevăzută reglarea presiunii spațiale din cuptor. Schemele din fig. 8 și fig. 9 arată circuitele de reglare, semnalizare și protecție la un cuptor adînc utilizat pentru încălzirea lingourilor [2].

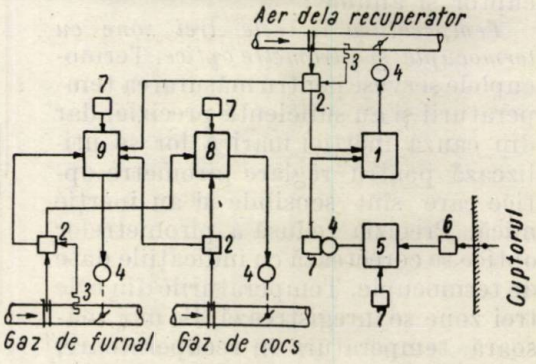


Fig. 6. Circuitele de reglare ale unui grup de arzătoare la un cuptor Siemens-Martin (după W. LIESEGANG: Gas Wärme nr. 10/1957):

1 – regulator debit aer; *2* – traductor de debit; *3* – termorezistență pentru corecția debitului; *4* – element de execuție; *5* – regulator de temperatură; *6* – traductor de temperatură; *7* – element pentru ajustarea valorii impuse; *8* – regulator de proporție gaz de cocs-gaz de furnal; *9* – regulator de proporție gaz de cocs + gaz de furnal-aer.

Reglarea temperaturii, a presiunii spațiale și a proporției dintre debitele de gaz și aer se realizează la fel ca în schema din fig. 7, cu

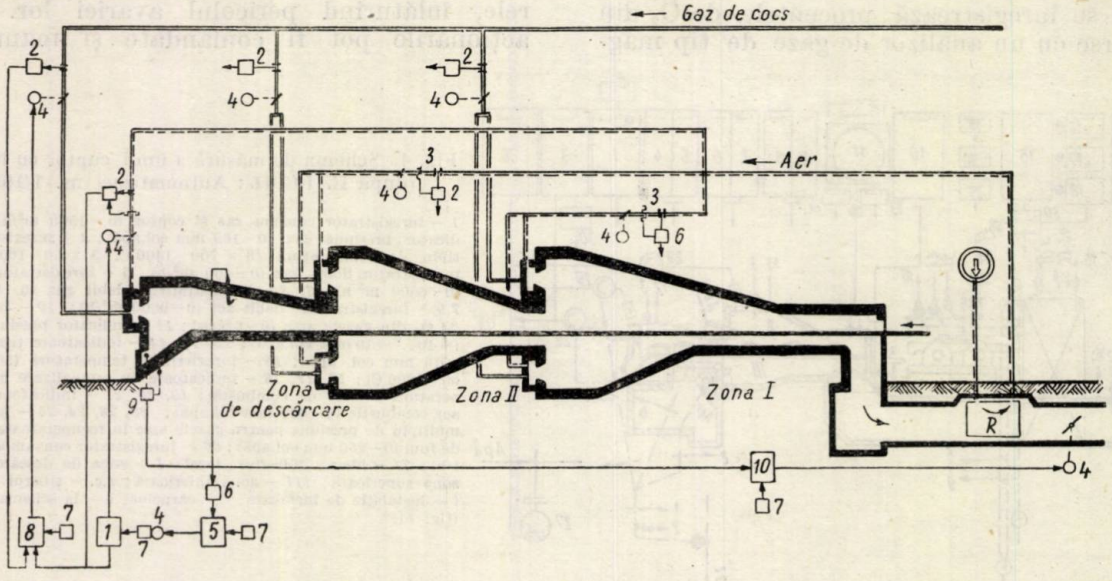


Fig. 7. Schema de reglare a unui cuptor cu împingere cu trei zone (după W. LIESEGANG: Gas Wärme nr. 10/1957):

1...7 – idem ca în fig. 6; *8* – regulator de proporție gaz-aer; *9* – traductor presiune spațială; *10* – regulator presiune spațială; *R* – recuperator.

deosebire că la circuitul de reglare a proporţiei gaz-aer se aplică şi o corecţie de la analizorul de O_2. Schema prevede semnalizarea optică

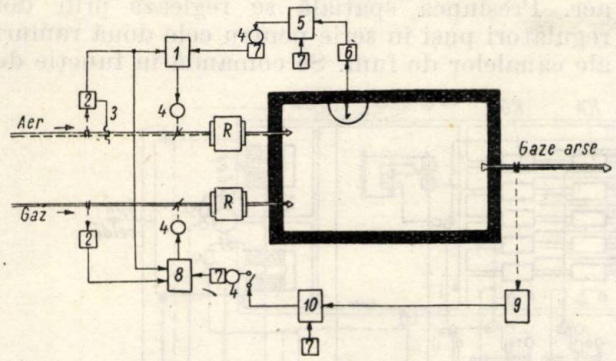


Fig. 8. Circuitele de reglare a arderii la un cuptor adînc (după W. LIESEGANG : Gas Wärme nr. 10/1957) :

1...7 – idem ca în fig. 6 ; *8* – regulator de proporţie gaz-aer ; *9* – analizor de O_2 ; *10* – regulator de O_2 ; *R* – recuperatoare.

şi acustică precum şi închiderea rapidă a admisiei de gaz şi aer la depăşirea valorilor parametrilor principali – temperatura, presiunea de gaz şi presiunea de aer.

În fig. 10 sînt arătate circuitele de reglare realizate cu aparatură hidraulică ale unui cuptor cu împingere pentru brame (dimensiuni intermediare ale blocurilor de oţel laminate) cu trei zone de încălzire şi cu recuperatoare pentru gaz şi aer [3]. În fiecare zonă se reglează

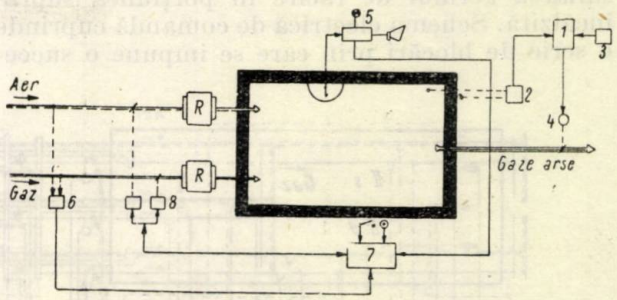


Fig. 9. Circuitele de reglare a presiunii spaţiale şi de protecţie la un cuptor adînc (după W. LIESEGANG : Gas Wärme nr. 10/1957) :

1 – regulator presiune spaţială ; *2* – traductor presiune spaţială ; *3* – element pentru ajustarea valorii impuse ; *4* – element de execuţie ; *5* – aparatură de protecţie şi semnalizare la depăşirea temperaturii maxime admise ; *6* – aparat de protecţie la depăşiri de presiuni ; *7* – aparat de comandă manuală sau automată a închiderii rapide a gazului şi aerului de combustie ; *8* – elemente de execuţie pentru închidere rapidă ; *R* – recuperatoare.

temperatura prin acţionarea asupra regulatorului de debit de aer respectiv şi raportul gaz-aer prin acţionare asupra debitului de gaz. Presiunea spaţială se măsoară în două puncte extreme şi prin regulatorul de presiune se

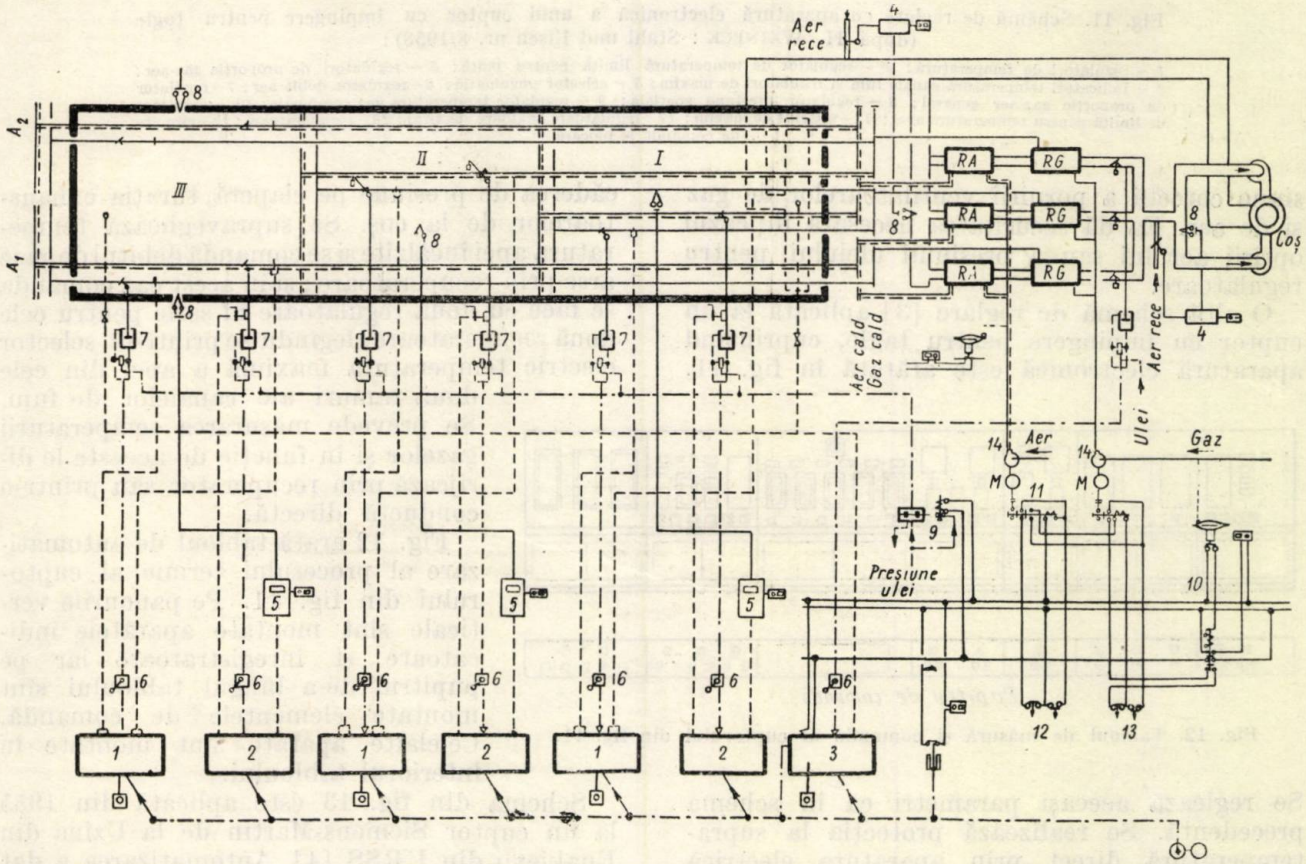


Fig. 10. Schemă de reglare cu aparatură hidraulică a unui cuptor cu împingere pentru brame (după H. WEINECK : Stahl und Eisen nr. 8/1958) :

1 – regulatoare de ardere (proporţie gaz-aer) ; *2* – regulatoare de temperatură ; *3* – regulator presiune spaţială ; *4* – regulatoare de temperatură limită în canalele de fum ; *5* – traductor de temperatură ; *6* – comutatoare hidraulice automat-manuale ; *7* – elemente de execuţie hidraulice ; *8* – termocuple ; *9* – circuit de supraveghere a presiunii uleiului ; *10* – idem presiune gaz ; *11* – idem presiune aer ; *12* – comandă ventilator aer ; *13* – comandă ventilator gaz ; *14* – ventilatoare aer şi gaz ; *RA*, *RG* – recuperatoare aer şi gaz ; A_1, A_2 – grupuri de arzătoare cu reglare independentă ; *I*, *II*, *III* – zone de încălzire.

acţionează asupra şiberelor de la coş. Temperatura gazelor arse din canalele de fum este supravegheată şi, în cazul depăşirilor, se comandă suflarea aerului de răcire în porţiunea supraîncălzită. Schema electrică de comandă cuprinde o serie de blocări prin care se impune o succesiune corectă a pornirii ventilatoarelor de gaz şi de aer. Ea dă securitatea necesară în cazul opririi aerului sau a presiunii uleiului pentru regulatoare.

O altă schemă de reglare [3] aplicată la un cuptor cu împingere pentru ţagle, cuprinzînd aparatură electronică este arătată în fig. 11.

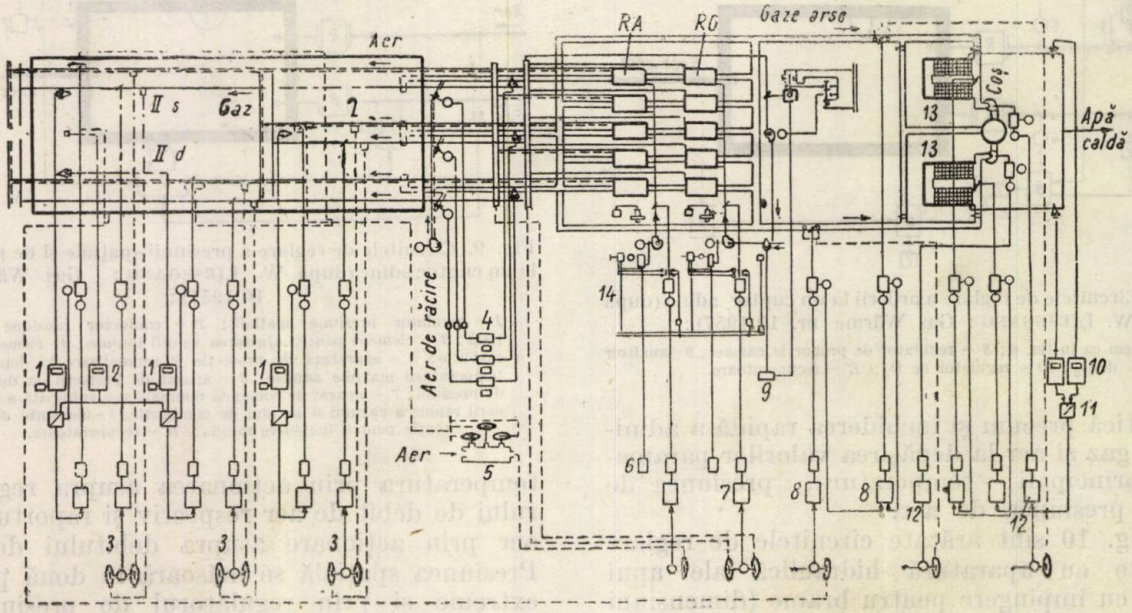


Fig. 11. Schemă de reglare cu aparatură electronică a unui cuptor cu împingere pentru ţagle (după H. Weineck : Stahl und Eisen nr. 8/1958) :

1 – regulatori de temperatură ; *2* – regulator de temperatură limită pentru boltă ; *3* – regulatori de proporţie gaz-aer ; *4* – indicatori temperatură canale fum şi regulatori de maxim ; *5* – selector pneumatic ; *6* – regulator debit aer ; *7* – regulator de proporţie gaz-aer general ; *8* – regulator presiune spaţială ; *9* – regulator temperatură gaz combustie ; *10* – regulator de limită pentru temperatura apei ; *11* – selector de maxim ; *12* – regulatoare auxiliare de tiraj ; *13* – recuperatoare ; *14* – circuite de comandă şi blocare

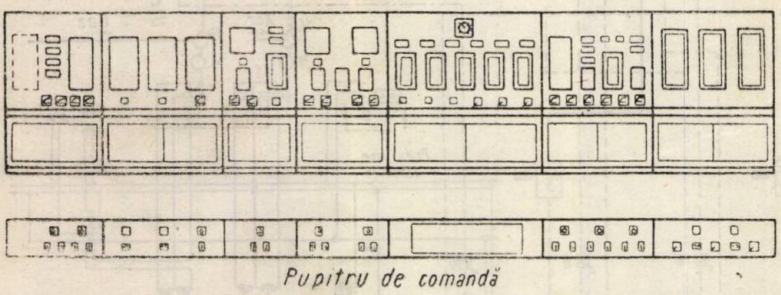


Fig. 12. Tabloul de măsură şi comandă al cuptorului din fig. 11.

Se reglează aceeaşi parametri ca în schema precedentă. Se realizează protecţia la supratemperatură direct prin aparatura electrică de acţionare a clapetelor de aer, utilizate la reglare. Odată cu variaţia poziţiei clapetelor de aer se comandă în funcţie de căderea de presiune la clapete printr-un dispozitiv pneumatic selectiv şi debitul total de aer. În afara reglărilor de proporţie gaz-aer pe zone se face şi o reglare globală a proporţiei dintre gaz şi aer. Presiunea spaţială se reglează prin doi regulatori puşi în serie pentru cele două ramuri ale canalelor de fum. Se comandă în funcţie de căderea de presiune pe clapetă, turaţia exhaustoarelor de la coş. Se supraveghează temperatura apei încălzite şi se comandă debitul de gaze arse prin recuperatoare ; şi în acest caz comanda se face cu două regulatoare în serie pentru cele două recuperatoare alegîndu-se printr-un selector electric temperatura maximă a apei din cele două ramuri ale canalelor de fum. Se prevede măsurarea temperaturii gazelor şi în funcţie de aceasta le dirijează prin recuperator sau printr-o conductă directă.

Fig. 12 arată tabloul de automatizare al procesului termic al cuptorului din fig. 11. Pe panourile verticale sînt montate aparatele indicatoare şi înregistratoare iar pe pupitrul de-a lungul tabloului sînt montate elementele de comandă. Celelalte aparate sînt montate în interiorul tabloului.

Schema din fig. 13 este aplicată din 1955 la un cuptor Siemens-Martin de la Uzina din Enakievo din URSS [4]. Automatizarea a dat rezultate mulţumitoare, realizînd o mărire a productivităţii cuptorului, o mărire a durabilităţii lui şi o micşorare a consumului de combustibil cu cca. 6%. Schema dă posibilitatea să se

ţină seama de particularităţile tehnologice ale fiecărei şarje spre deosebire de schemele care utilizează un acelaşi program de temperatură în timp pentru toate şarjele. În fig. 14 se arată diagramele de temperatură în cele două cazuri. În schemă, un bloc de relee *d* alege şi memorizează comenzile primite de la potenţiometrele automate *a*, *b* şi *c*. Aparatul *a* dă comenzi la ieşirea din limitele impuse iar *b* şi *c* protejează regeneratoarele de supraîncălzire. Schema de relee realizează următoarele condiţii care apropie funcţionarea automată de comanda manuală făcută de oţelari:

cînd primeşte în acelaşi timp comanda de mărire şi de micşorare a debitului de gaz memorează numai micşorarea;

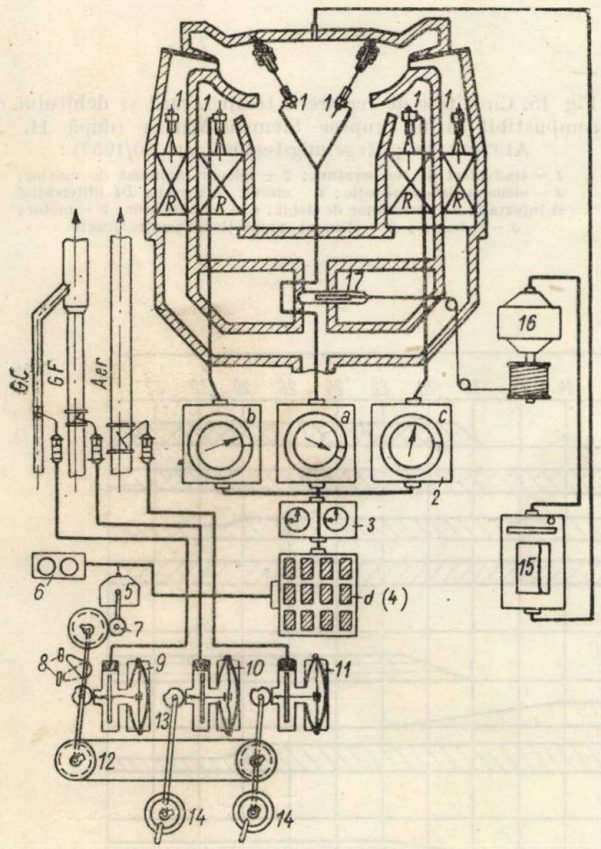


Fig. 13. Schema reglării automate a unui cuptor Siemens Martin de la Uzina metalurgică din Enakievo (după I. N TULUEVSCHI şi V. M. KLIMENKO: Stal nr. 12/1957

1 – pirometre optice de radiaţie; 2 (*a*, *b*, *c*) – înregistratoare de temperatură cu contacte; *3* – relee de timp pentru comanda inversării flăcărilor; *4* (*d*) – bloc de relee pentru condiţionarea comenzilor; *5* – motor; *6* – butoni de comandă manuală; *7* – reductor; *8* – limitatori de consum maxim şi minim; *9* – regulator debit gaz de cocs cu corecţie funcţie de temperatură; *10* – regulator debit gaz de furnal cu corecţie manuală; *11* – regulator de proporţie gaz de cocs-aer; *12* – transmisie pentru proporţia gaz-aer; *13* – came pentru fixarea debitului; *14* – manete pentru schimbarea manuală a proporţiei gaz de cocs-gaz de furnal şi gaz de cocs-aer; *15* – înregistrator şi regulator presiune spaţială; *16* – element de execuţie pentru şiberul de la coş; *17* – şiber; *GC* – conductă gaz de cocs; *GF* – conductă gaz de furnal.

comanda memorată nu este executată imediat, ci numai după un interval egal cu intervalul dintre două inversări;

comanda este executată numai în cazul cînd comanda următoare este de acelaşi gen sau nu mai este dată. Modificarea debitului de gaz

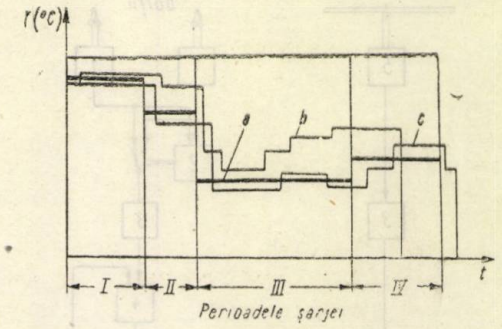


Fig. 14. Variaţia regimului termic în decursul elaborării şarjei în cazul reglării după particularităţile tehnologice (curbele *b* şi *c*) şi după program (curba *a*) (după I. N. TULUEVSKI şi V. M. KLIMENKO: Stal nr. 12/1957):

I – încărcarea; *II* – încălzirea; *III* – topirea; *IV* – afinarea.

se face cu o cantitate fixă nu mai des decît perioada de inversare.

Schema reglează regimul termic după încărcarea termică maximă admisibilă de condiţiile de ardere, de transmiterea de căldură şi de rezerva de tiraj. Ea asigură reglarea automată a încărcării termice după temperatura bolţii şi a grătarelor de aer, ţinînd seama de particularităţile tehnologice ale fiecărei şarje. Prin camele profilate de pe regulatori se modifică raportul gaz-aer. De asemenea în cursul funcţionării se normalizează perioada inversărilor şi se realizează o distribuire raţională a produselor de ardere între regeneratoarele de gaz şi de aer.

La cuptoarele Siemens-Martin temperatura bolţii trebuie menţinută la valoarea maxim admisibilă pentru scurtarea timpului de topire. Aparatura electrică modernă de reglare permite a se utiliza în cazul unui cuptor încălzit cu gaz şi cu păcură schema din fig. 15. Schema [5] prevede măsurarea temperaturii bolţii în două puncte în care valorile maxime ale temperaturii alternează. Un selector cu amplificator magnetic alege valoarea maximă şi o transmite regulatorului pentru reglarea debitului de păcură. Dar pentru că debitul de păcură nu trebuie să depăşească o anumită valoare chiar dacă temperatura e coborîtă, un selector alege fie mărimea dată de debit, fie aceea dată de termocuple şi pune regulatorul în legătură cu circuitul de măsură corespunzător.

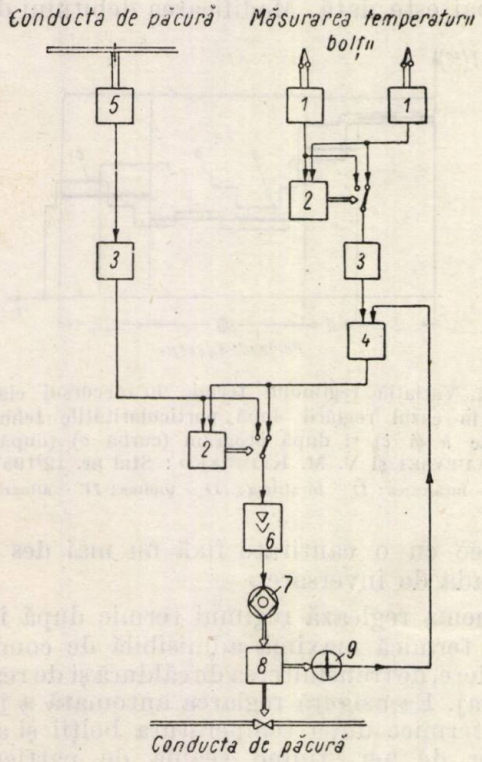
Cuptoarele Siemens-Martin sînt prevăzute cu recuperatoare intermitente — regeneratoare — pentru aer şi gaze [6]. Inversarea flăcărilor pentru încălzirea regeneratoarelor se face periodic. Dacă această inversare nu este făcută corect, pot apare următoarele perturbaţii:

se micşorează temperatura în spaţiul de elaborare;

variază presiunea gazelor în cuptor;

se produc pierderi de căldură;

apare posibilitatea exploziilor în canalele orizontale.



Studiul funcţionării în cele mai bune condiţii din acest punct de vedere a dus la elaborarea mai multor scheme de inversare.

O diagramă aplicată cu rezultate mulţumitoare la uzina Voroşilov (U.R.S.S.) este diagrama din fig. 16 elaborată de Institutul Ghiprostal. Schiţa amplasării şi blocării aparatelor de inversare la care se aplică această diagramă este dată în fig. 17. Aceasta dă posibilitatea să se facă inversarea cu o presiune a gazelor în cuptor mai joasă şi permite stabilirea anumitor debite de gaz de furnal de o parte sau alta a cuptorului.

Echiparea cu aparatură de măsură şi de reglare a unui cuptor Siemens-Martin de 400 tone [7] este arătată în fig. 18.

←

Fig. 15. Circuitele de reglare a temperaturii şi debitului de combustibil la un cuptor Siemens-Martin (după H. J. ALTENHEIM: Regelungstechnik nr. 10/1957):

1 – traductori de temperatură; *2* – selector automat de maxim; *3* – element de comparaţie; *4* – circuit de corecţie *DI* (diferenţial şi integral); *5* – traductor de debit; *6* – amplificator; *7* – motor; *8* – reductor; *9* – element proporţional pentru reacţie

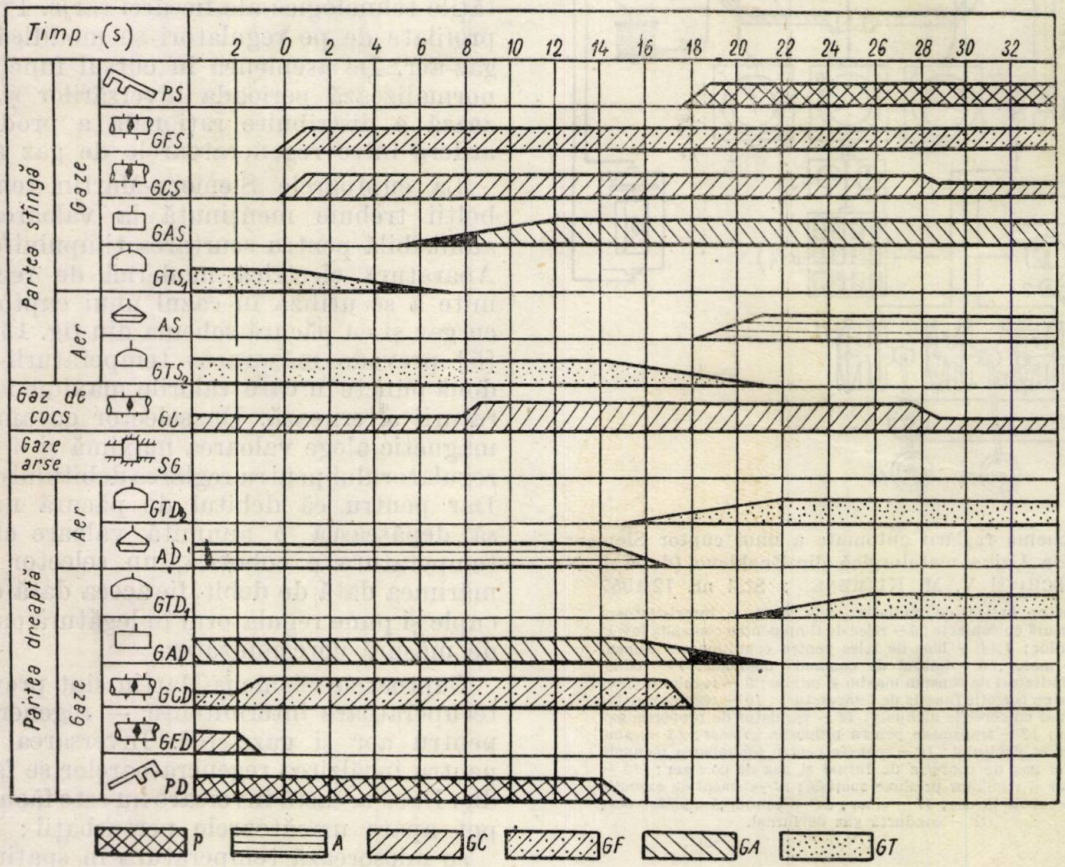


Fig. 16. Diagrama inversării clapetelor pentru inversarea flăcărilor la un cuptor *SM* (diagramă elaborată de Ghiprostal: Stal nr. 1/1959):

P – păcură; *A* – aer; *CG* – gaz de cocs; *GF* – gaz de furnal; *GA* – gaz de amestec; *GT* – gaze arse (tiraj); celelalte notaţii corespund cu notaţiile din fig. 17.

Pentru reglări se utilizează aparatură de tip hidraulic. Temperatura bolții se măsoară în două puncte cu pirometre de radiație și se înregistrează. Programul de inversare al flăcărilor ține seama și de valorile acestor temperaturi. Se măsoară temperaturile în partea superioară a regeneratoarelor tot cu pirometre de radiație; temperaturile măsurate cu termocuple în partea inferioară a regeneratoarelor pentru încălzirea aerului și în canalul de fum se înregistrează. În aceleași puncte din partea inferioară a regeneratoarelor se măsoară temperatura pentru comandarea schemei de inversare. Un controler cu program distribuie prin contactori comenzile pentru inversare la organele de execuție electrice după o anumită diagramă, similară cu aceea dată în fig. 16. Desfășurarea operației automate de inversare se poate urmări datorită semnalizărilor optice. Schema permite și comenzi manuale; ea este asigurată cu blocările și semnalizările necesare. Presiunea spațială se măsoară în mai multe puncte; valoarea medie se înregistrează și, printr-un regulator electric, se comandă șiberul de la coș pentru modificarea tirajului. Presiunea în canalul de fum (tirajul) este măsurată cu un aparat indicator și înregistrată, iar presiunile gazelor de alimentare și a aerului de combustie sînt măsurate și indicate; depășirea valorilor maxime a lor este semnalizată optic și acustic. Presiunile din conducta de alimentare a gazului de cocs și a gazului de furnal sînt reglate cu regulatoare hidraulice. Debitele de gaz de cocs, de gaz de furnal și de aer de combustie sînt înregistrate și reglate cu același tip de regulatori ca și presiunea gazelor. Debitul de aer se măsoară pe ramura conductei pe care circulă aerul în funcție de inversarea flăcărilor. Calitatea arderii se măsoară cu un analizor de O_2 de tip magnetic și se înregistrează procentul de O_2. Sînt instalate

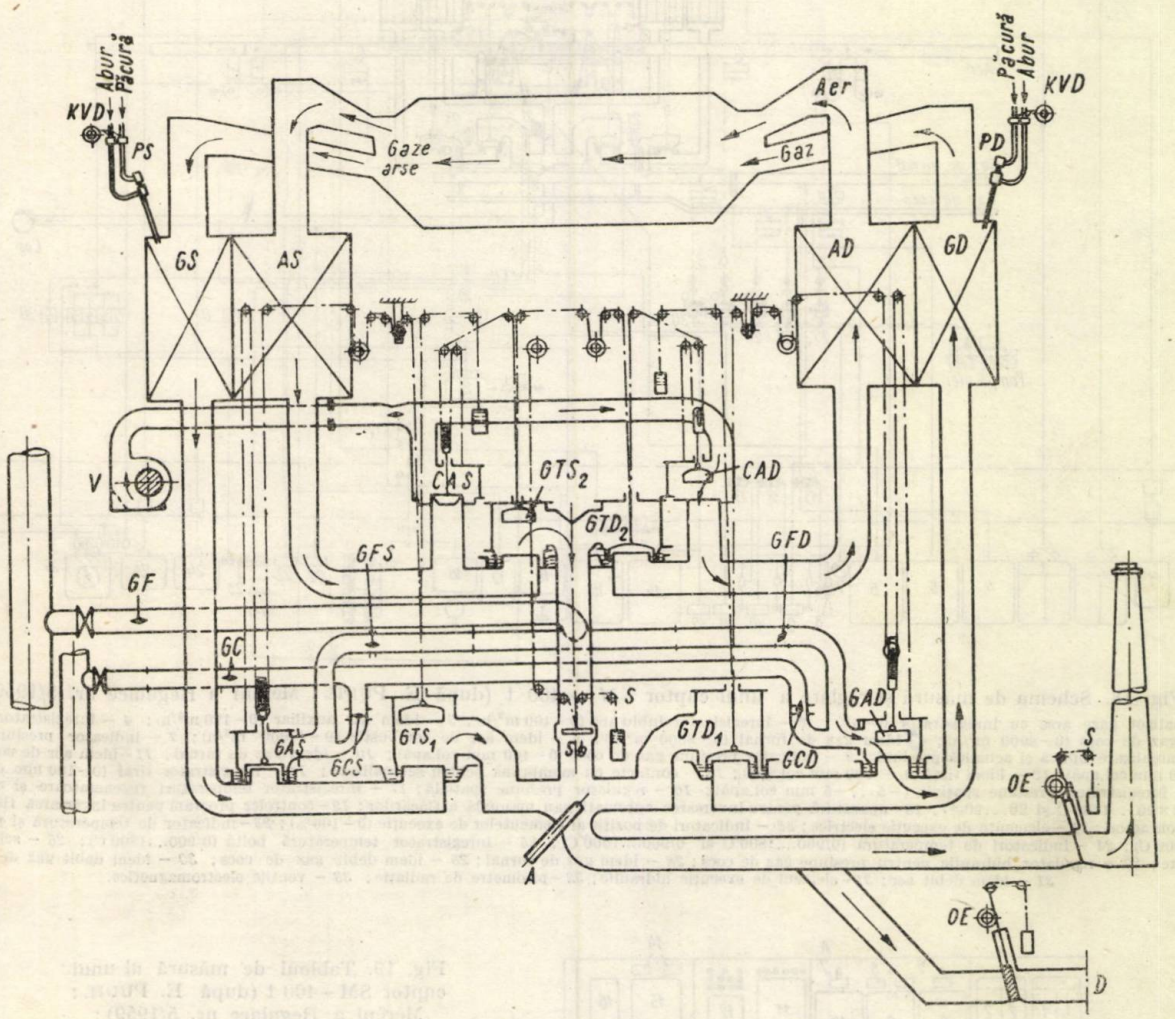


Fig. 17. Schema de amplasare și de blocare a clapetelor unui cuptor *SM* (după A. I. CERNOGOROV: Stal nr. 1/1959): *KVD* și *KVS* – elementele de execuție pentru comutarea ventilelor din dreapta, respectiv din stînga; *GS, AS, AD, GD* – regeneratoarele pentru gaze și aer din stînga și din dreapta; *V* – ventilator; *GC* și *GF* – gaz de cocs și gaz de furnal; *D* – spre încălziri diverse; *S* – selsin; *OE* – element de execuție; *A* – arzător pentru aprinderea gazelor incomplet arse; *GCD, GCS, GFD, GFS* – clapete de obturare automată a traseelor de gaz de cocs și gaz de furnal; *GTD, GTS, GTD_2, GTS_2* – clapete gaze arse (tiraj); *GAD* și *GAS* – clapete gaz de amestec; *CAD* și *CAS* – clapete aer; *Sb*-șiber.

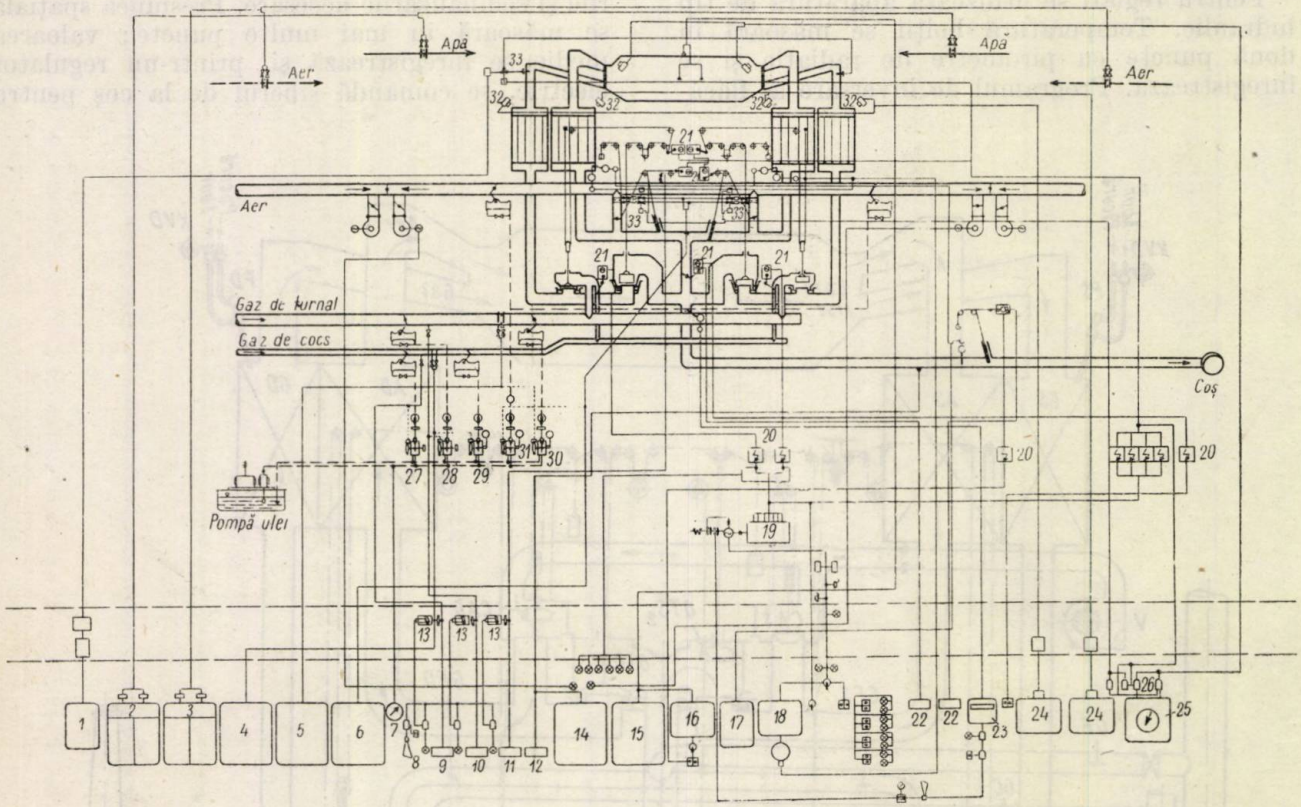


Fig. 18. Schema de măsură şi reglare a unui cuptor *SM* — 400 t (după E. PUDIL: Měrěni a Regulace nr. 5/1959).

1 — analizor gaze arse cu înregistrator 0—6%; *2* — înregistrator dublu apă (0—400 m³/h); *3* — idem aer auxiliar (0—120 m³/h); *4* — înregistrator pentru debit gaz de cocs (0—8000 m³/h); *5* — idem gaz de furnal (0—8000 m³/h); *6* — idem aer de combustie (0—45000 m³/h); *7* — indicator presiune ulei; *8* — semnalizare optică şi acustică presiuni; *9* — indicator presiune gaz de cocs (0—400 mm col.apă); *10* — idem gaz de furnal; *11* — idem aer de combustie (0—160 mm col.apă); *12* — idem tiraj (0 — 100 mm col.apă); *13* — contacte cu membrană pentru semnalizare; *14* — înregistrator tiraj (0—100 mm col.apă); *15* — înregistrator presiune spaţială (—5...+5 mm col.apă); *16* — regulator presiune spaţială; *17* — înregistrator temperaturi regeneratoare şi canal de fum (2×20...1200°C şi 20...900°); *18* — aparatură pentru inversarea automată sau manuală a flăcărilor; *19* — controler program pentru inversarea flăcărilor; *20* — contactori; *21* — elemente de execuţie electrice; *22* — indicatori de poziţie ai elementelor de execuţie (0—100%); *23* — indicator de temperatură şi protecţie (20....900°C); *24* — indicatori de temperatură (0/900....1800°C şi 0/900....1000°C); *25* — înregistrator temperatură boltă (0/900...1800°C); *26* — schemă de selectare; *27* — regulator hidraulic pentru presiune gaz de cocs; *28* — idem gaz de furnal; *29* — idem debit gaz de cocs; *30* — idem debit gaz de furnal; *31* — idem debit aer; *31* — element de execuţie hidraulic; *32* — pirometre de radiaţie; *33* — ventile electromagnetice.

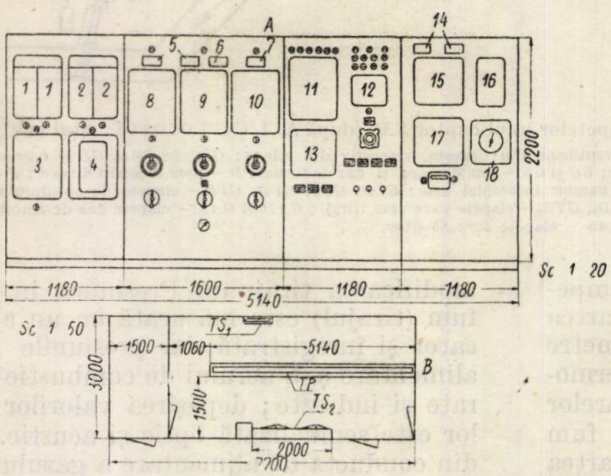


Fig. 19. Tabloul de măsură al unui cuptor SM—400 t (după E. PUDIL: Měrěni a Regulace nr. 5/1959):

A — tabloul de măsură principal *TP*; *B* — amplasarea tablourilor *TP*, TS_1 şi TS_2 (tabloul principal şi tablourile secundare) în camera de comandă; *1* — apă 0—400 m³/h; *2* — aer 0—120 m³/h; *3* — coş 0—100 mm col.apă; *4* — analiză 0—6% O_2; *5* — gaze 0 — 400 mm col. apă; *6* — aer 0—160 mm col.apă; *7* — gaze arse 0—100 mm col.apă; *8* — gaz de cocs 0—8000 m³/h; *9* — gaz de furnal 0 — 8000 m³/h; *10* — aer 0—45000 m³/h; *11* — presiune spaţială —5 ... +5 mm col.apă; *12* — inversarea flăcărilor; *13* — presiunea spaţială (reglare) 0... +4 mm col.apă; *14* — poziţia elementelor de execuţie 0—100%; *15* — regeneratori gaz 0/900 ... 1800°C şi 0/900 ... 1000°C; *16* — temperaturi 2×20—1200°C şi 20—900°C; *17* — regeneratori aer 0/900 ... 1800°C şi 0/900 ... 1000°C; *18* — temperatura bolţii 0/900...1800°C.

două prize pentru gaze arse de o parte şi de alta a cuptorului, ele fiind comutate cu un ventil cu electromagnet la fiecare operaţie de inversare. Se mai măsoară şi se înregistrează debitele aerului şi apei pentru utilizări auxiliare; sînt prevăzute semnalizări pentru diferite acţionări — la ventilatoare. Fig. 19 arată amplasarea aparatelor pe tablouri şi amplasarea tabloului în camera de comandă.

ALEXANDRU ANDREI şi CLAUDIU NICULESCU*)

Aparatură pentru controlul centralizat al diagramelor de pompare la sondele de extracţie petrolieră

CZ 531.784:622.276.53

Cercetarea sondelor în pompaj pe baza dinamogramelor constituie în prezent o metodă eficace de control practic asupra funcţionări lor (fig. 1). Ciclul de pompare este format din

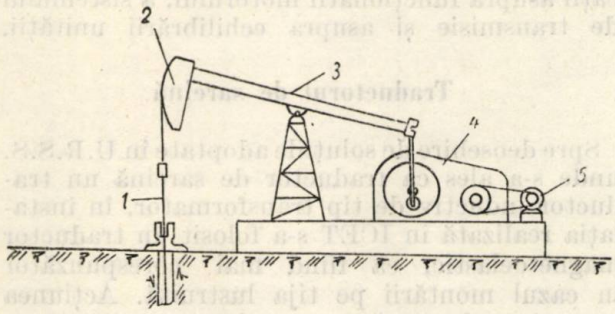


Fig. 1. Unitate de pompare :
1 – tija de pompare (lustruită) ; *2* – capul de cal ; *3* – balansier ; *4* – reductor ; *5* – motor

cursa ascendentă (*ABC*) şi cea descendentă a capului balansierului (*CDA*) (fig. 2).

Diagrama de pompare dă indicaţii preţioase asupra modului de funcţionare a pistonului şi a supapelor pompei, asupra avariilor utilajului

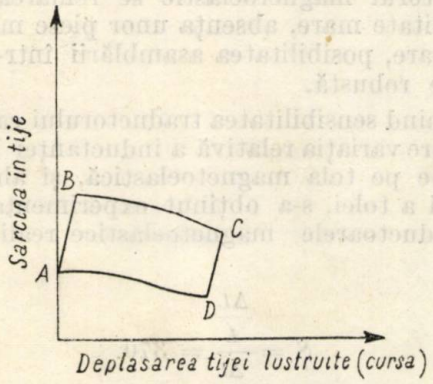


Fig. 2. Diagrama de pompare.

de la puţ şi asupra regimului tehnologic al sondei [7]. În anumite condiţii ea poate servi şi la calculul debitului de ţiţei extras [8].

Metode actuale de ridicare a diagramei de pompare

Aparatele întrebuinţate pentru ridicarea diagramelor de pompare sînt dinamografele (mecanice sau hidraulice). În prezent dinamogramele se ridică periodic de brigăzi speciale formate din două persoane. Randamentul de lucru al acestor brigăzi este redus, din cauza distanţelor mari, a drumurilor anevoioase şi a condiţiilor atmosferice neprielnice. Dinamometrarea cere un timp îndelungat, fiind necesară montarea şi demontarea dinamografelor ; rezultă şi o pierdere de producţie, datorită opririi sondei.

Teledinamometrarea

Dinamometrarea frecventă şi operativă a sondelor în pompaj poate fi efectuată cu ajutorul unor sisteme de teledinamometrare. Introducerea teledinamometrării în şantierele de petrol din R.P.R. va avea ca rezultat o creştere a producţiei, deoarece permite : *a*) detectarea rapidă a apariţiei şi naturii avariilor ce apar la sondă ; *b*) luarea de măsuri profilactice (schimbarea pompei sau pistonului, deparafinare) ; *c*) stabilirea unui program raţional de pompare ; *d*) eliminarea timpilor morţi ce rezultă din cauza opririi sondei pentru montarea dinamografului mecanic. Se realizează astfel un control permanent, indiferent de condiţiile atmosferice, relief şi distanţă şi se obţine o ridicare a nivelului tehnic în schelele petroliere.

Problema teledinamometrării a fost abordată pentru prima oară în U.R.S.S. [1], unde începînd din 1951 s-au experimentat pe scară largă în diferite cîmpuri petrolifere mai multe tipuri de asemenea instalaţii, avînd rezultate foarte bune ca eficacitate economică.

Cum cca. 80% din sondele R.P.R. sînt exploatate prin pompaj, iar instalaţiile de teledinamometrare din U.R.S.S. nu sînt încă reproduse pe scară industrială, a apărut necesitatea elaborării în R.P.R. a unei metode de teledinamometrare, precum şi a realizării ei. În cele ce urmează, vom arăta principiile primei instalaţii experimentale de teledinamometrare realizată în Institutul de cercetări electrotehnice din Bucureşti, în colaborare cu Institutul de cercetări pentru forajul şi extracţia zăcămintelor de ţiţei şi gaze (ICFE) din Cîmpina, precum şi rezultatele experimentărilor efectuate în exploatare la schela Cîmpina.

Ansamblul instalaţiei

Instalaţia de teledinamometrare realizată în ICET se compune din posturi de sondă (la fiecare sondă) şi o staţie centrală dispecer. Traductorul de sarcină montat pe prăjina lustruită este de tip magnetoelastic, conectat într-o punte

*) Ing. AL. ANDREI este şef de laborator, iar ing. CL. NICULESCU, cercetător la Institutul de cercetări electrotehnice.

alimentată la 5000 Hz. Tensiunea de dezechilibru a punții, proporțională cu sarcina în prăjina lustruită, este amplificată printr-un amplificator stabil, detectată și transmisă sub formă de curent continuu către stația dispecer pe un circuit fizic. Variațiile rezistenței liniei de c.c. sînt mici ($\pm$ 0,5%) în raport cu rezistența

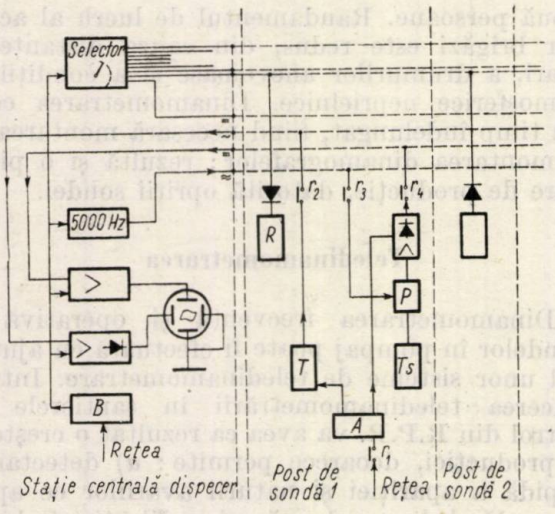


Fig. 3. Ansamblul instalației.
B — bloc de alimentare; *R* — releu; *T* — traductor de poziție; *A* — alimentare; *Ts* — traductor de sarcină; *P* — punte; $r_1 \ldots r_4$ — contactele releului *R*.

relativ mare a întregului circuit. Traductorul de poziție (de cursă) folosit în instalația experimentală de la Cîmpina este de tip potențiometric, alimentat de la rețeaua de 50 Hz printr-un transformator stabilizator ferorezonant. În această instalație, intrarea în funcțiune a posturilor de sondă se face la cerere, prin comandă de la stația dispecer, posturile de sondă fiind echipate cu relee polarizate cu diode semiconductoare. Prin acest sistem, comanda de la distanță se realizează printr-un fir comun tuturor sondelor și un fir specific la fiecare două sonde. În stația pilot descrisă, transmiterea semnalelor de 5000 Hz, de 50 Hz și de c.c. între stația dispecer și posturile de sondă se face prin cablu telefonic.

Stația dispecer se compune din: canalul de amplificare pentru semnalul de sarcină, canalul de amplificare — detecție pentru semnalul de poziție, un osciloscop cu tub catodic cu remanență luminoasă pe plăcile căruia se aplică tensiunile celor două canale de amplificare (pe verticală, respectiv pe orizontală), un generator de 5000 Hz pentru alimentarea circuitelor în punte de la posturile de sondă, un etaj de selecție și semnalizare și blocul de alimentare stabilizat cu un transformator ferorezonant și cu un tub de neon. Întregul ansamblu electric poate fi tarat în raport cu o axă de zero. Diagramele sînt fie observate vizual, fie trasate manual cu cerneală, pe o foaie de celofan aplicată pe ecranul tubului catodic.

Soluția de a se transmite semnalul de sarcină în curent continuu este justificată de faptul că se înlătură erorile introduse de diafonia dintre circuitul de alimentare de 5000 Hz și circuitul de semnal, precum și de micșorarea atenuării.

Cu același traductor de poziție, dar folosindu-se un traductor teleampermetric realizat în ICET [6], pe ecranul tubului catodic se poate obține diagrama de variație a curentului absorbit de motorul unității de pompare, în funcție de deplasarea tijei. Această diagramă ne dă indicații asupra funcționării motorului, a sistemului de transmisie și asupra echilibrării unității.

Traductorul de sarcină

Spre deosebire de soluțiile adoptate în U.R.S.S. unde s-a ales ca traductor de sarcină un traductor inductiv de tip transformator, în instalația realizată în ICET s-a folosit un traductor magnetoelastic, ca fiind mai corespunzător în cazul montării pe tija lustruită. Acțiunea acestuia se bazează pe proprietatea unor materiale de a-și varia permeabilitatea magnetică μ în funcție de eforturile mecanice la care sînt supuse [3], [4], [9], [11]. Odată cu variația permeabilității μ, se modifică și inductanța unei bobine realizate pe materialul respectiv, fapt care poate fi pus în evidență sub forma variației tensiunii la bornele de măsurare ale unei punți în care este montat traductorul. Traductorul magnetoelastic se remarcă prin: sensibilitate mare, absența unor piese mecanice în mișcare, posibilitatea asamblării într-o construcție robustă.

Definind sensibilitatea traductorului ca raportul dintre variația relativă a inductanței bobinei realizate pe tola magnetoelastică, și alungirea relativă a tolei, s-a obținut experimental pentru traductoarele magnetoelastice realizate în ICET

$$S = \frac{\frac{\Delta L}{L}}{\frac{\Delta l}{l}} = 370.$$

Traductorul magnetoelastic este deci de aproximativ două sute ori mai sensibil decît cel rezistiv; cifra coincide cu datele din literatură [11]. Sensibilitatea mare a acestui traductor are drept consecință simplificarea circuitelor de măsurare.

La realizarea traductorului s-a căutat să se realizeze următoarele caracteristici: sensibilitate ridicată, stabilitate, erori reduse, robustețe.

Sensibilitatea traductorului este influențată de următorii factori: tratamentul termic, forma și intensitatea cîmpului magnetic și frecvența curentului de alimentare.

Variaţia relativă a permeabilităţii $\frac{\Delta\mu}{\mu}$ în funcţie de efortul mecanic σ poate fi calculată cu ajutorul relaţiei [11]:

$$\frac{\Delta\mu}{\mu} = \frac{2\lambda_\infty}{B^2_\infty}\mu\sigma \qquad (1)$$

în care $\lambda_\infty = \frac{\Delta l}{l}$ reprezintă alungirea relativă a materialului cu proprietăţi magnetoelastice, la o valoare a inducţiei B_∞ corespunzătoare saturaţiei. Rezultă că este avantajoasă utilizarea materialelor la care produsul $\mu\sigma$ este mare şi mărimea B_∞ mică, cum sînt aliajele fernichel de tip permalloy.

Experimentările noastre, referitoare la influenţa diverşilor factori asupra tratamentului termic şi implicit asupra proprietăţilor materialului, au fost făcute cu permalloy 78 [2], [5]. S-au studiat următorii parametri: temperatura maximă de încălzire, atmosfera în care se face încălzirea, viteza de răcire în perioada răcirii lente şi felul cum se realizează răcirea bruscă. După o serie de încercări (temperatura maximă variind între 800°—1200°C, încălzire în vid, nisip sau hidrogen, diverse viteze de răcire pe plăci de cupru, în ulei sau în apă etc.) s-a ajuns la următorul tratament, care s-a dovedit optim: încălzire în vid (sau hidrogen) la 1050° — 1100°C, răcire lentă (— 100°C/h), cu reveniri la 650°C şi răcire bruscă în ulei.

Traductoarele au fost confecţionate din benzi laminate de permalloy de grosime 0,2 mm. La frecvenţa aleasă (5 000 Hz) adîncimea de pătrundere a undei electromagnetice în material este de aproximativ 0,3 mm adică de trei ori mai mare decît distanţa de la suprafaţa mărginaşe la mijlocul tolei; influenţa desensibilizantă a pierderilor cauzate de efectul pelicular este astfel practic eliminată. Frecvenţa aleasă de 5 000 Hz reprezintă un compromis între următoarele deziderate: *a*) obţinerea unui raport $\frac{L\omega}{R}$ maxim; *b*) influenţa efectului pelicular să fie neglijabilă; *c*) atenuarea pe cablul telefonic să nu devină importantă.

Pentru tolă s-a ales o formă dreptunghiulară, una din laturile lungi avînd o lăţime mai mică. Reluctanţa acestei laturi $\mathcal{R} = \frac{l}{\mu S}$ şi deci şi contribuţia ei relativă la reluctanţa totală a circuitului va fi mai mare. Direcţia laturii respective coincide cu sensul de laminare şi cu linia aplicării eforturilor. Cum μ variază numai în porţiunea solicitată, datorită acestui artificiu de construcţie, variaţia procentuală a reluctanţei, la acelaşi efort, este mai mare. Pentru stabilirea punctului optim de funcţionare magnetică, s-au determinat curbele de variaţie, în funcţie de cîmpul magnetic, respectiv de efort, ale bobinei realizate pe latura traductorului opusă celei solicitate.

Din analiza curbelor rezultă că variaţia rezistenţei cu sarcina este un factor desensibilizant, deoarece variaţia sa este de sens contrar cu variaţia reactanţei inductive. Aceasta din urmă prezintă o variaţie liniară pînă la eforturi de $\sigma = 5$ kg/mm². Punctul optim de funcţionare în ceea ce priveşte stabilitatea, este în jurul valorilor lui $H = 0{,}75$ As/cm. În jurul acestui punct, variaţii de tensiune de $\pm 7\%$ la bornele traductorului antrenează variaţii minime ale

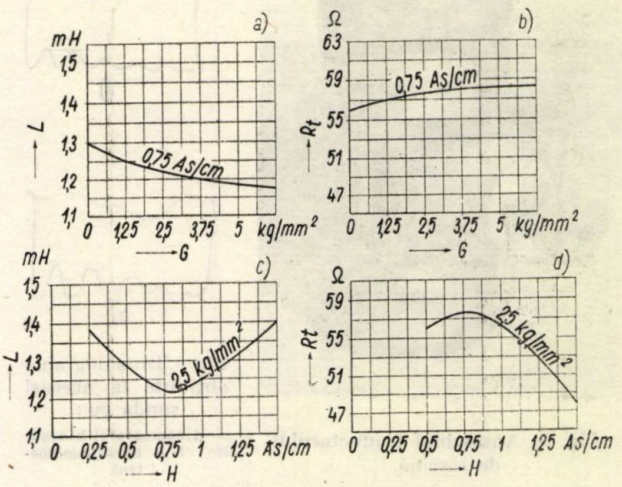


Fig. 4. Variaţia parametrilor electrici ai bobinei traductorului în funcţie de efort, respectiv de cîmpul magnetic.

parametrilor ($L = 0{,}4\%$, $R = 0{,}7\%$). După bobinarea tolelor, traductoarele au fost sortate după valorile inductanţei, diferenţele de rezistenţă compensîndu-se în circuitul de măsurare, printr-un reostat.

Erorile traductorului magnetoelastic se datorează [11]: *a*) fenomenului de histerezis magnetoelastic — diferenţele între permeabilitatea magnetică corespunzătoare unui efort pe ramura ascendentă a curbei $\mu = f(\sigma)$ şi permeabilitatea corespunzătoare aceluiaşi efort, dar pe ramura descendentă a curbei pot fi de 10%; *b*) scăderii în timp a sensibilităţii traductorului; *c*) variaţiilor curentului de magnetizare; *d*) variaţiilor de temperatură.

Influenţele *a*) şi *b*) se pot înlătura practic prin îmbătrînirea traductorului, adică prin aplicarea unor eforturi mecanice alternative repetate; de asemenea se va evita solicitarea traductoarelor la eforturi $\sigma > 5$ kg/mm². Erorile cauzate de variaţia curentului de magnetizare au fost eliminate prin alegerea punctului de funcţionare, prin stabilizarea generatorului de 5 000 Hz şi prin compensarea variaţiilor de impedanţă, datorite lungimii diferite a liniei, cu ajutorul unui reostat ce se află la fiecare post de sondă.

Variaţia temperaturii traductorului influenţează în acelaşi sens valoarea inducţiei de saturaţie B_∞ şi cea a magnetostricţiunii la saturaţie λ_∞. Cum în relaţia (1) una dintre mărimi apare la numărător, iar cealaltă la numitor,

efectele lor asupra sensibilităţii traductorului se compensează parţial. În fine, datorită circuitului de măsurare ales (o punte, avînd un braţ format din două traductoare active în serie, un braţ cu două traductoare inactive în serie — de compensare — şi două braţe rezis-

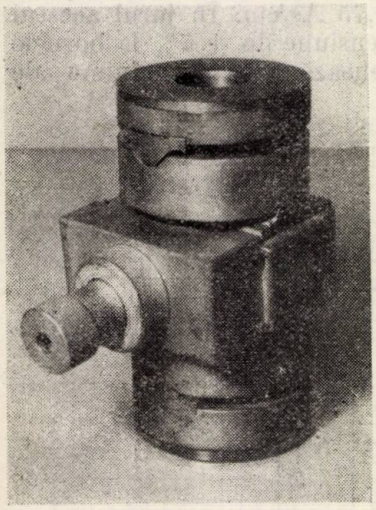


Fig. 5. Ansamblul traductorului de sarcină.

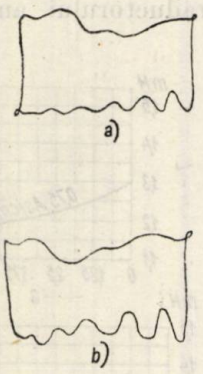


Fig. 6. Dinamograme obţinute la aceeaşi sondă cu: *a* — dinamograful hidraulic; *b* — teledinamometrul.

tive), toate aceste influenţe parazite sînt reduse, practic la zero.

Ansamblul traductorului este realizat sub forma unei construcţii compacte, robuste.

Cele două traductoare active sînt lipite pe două feţe opuse, pentru a diminua efectele datorite aplicării nesimetrice a eforturilor asupra blocului traductorului. Un sistem cardanic, cu inele şi role, asigură transmiterea permanentă a efortului pe direcţiile pe care sînt lipite traductoarele active. O cămaşă din material nemagnetic (alamă) separă corpul din oţel pe care sînt lipite traductoarele, de prăjina lustruită, care este puternic magnetizată şi care prin atingere directă cu corpul de oţel l-ar magnetiza, deplasînd punctul de funcţionare al traductoarelor.

Întreaga instalaţie a fost experimentată în cursul anului 1959 pe trei sonde din schela Cîmpina. Diagramele obţinute pe tubul catodic sînt perfect similare celor ridicate cu ajutorul dinamografelor hidraulice.

În urma omologării instalaţiei pilot s-a hotărît extinderea teledinamometrării în altă schelă petrolieră în anul 1960, urmînd ca Institutul de cercetări electrotehnice să continue perfecţionarea instalaţiei, în vederea fabricării curente şi a aplicării ei pe scară largă.

BIBLIOGRAFIE

[1] ABRUKIN, A. L.: *Teledinamometrarea sondelor exploatate prin pompe de adîncime.* Neftianoe Hoziaistvo, 1957, nr. 4.

[2] ANDREI, Al. şi NICULESCU, Cl.: *Aparatură pentru controlul centralizat al diagramelor de pompare la sondele de extracţie petroliferă.* Comunicare prezentată la sesiunea ştiinţifică ICET din mai, 1959.

[3] BELOV, K. P.: *Uprughie, teplovie, i elektriceskie iavlenia v feromagnitnih metallah.* Moscova, 1951.

[4] BERGMANN, L.: *Der Ultraschall.* Zürich 1954.

[5] BOZORTH, R.: *Ferromagnetism.* New-York, 1951.

[6] CREŢESCU, Al, CĂLUSIŢĂ, M. şi DUMA M.: *Televoltmetru şi teleampermetru pe circuit fizic.* Automatica şi electronica, 2 (1958), nr. 5.

[7] EVGHENIDE C. şi SOCOL S.: *Referat ICFE,* nr. 3, tema 3/M, 1956.

[8] EVGHENIDE C.: *Folosirea dinamografului pentru stabilirea producţiei sondelor în pompă.* Petrol şi Gaze, 1955, nr. 6.

[9] MAIOROV F. V.: *Magnitostrictionnoe izmerenie v detaliah maşin.* Electricestvo, 1949, nr. 4.

[10] STERU M., ANDREI AL., NICULESCU CL., SOCOL S. şi EVGHENIDE C.: *Aparatură pentru controlul centralizat, la distanţă, al eforturilor din prăjina de extracţie a sondelor în pompaj.* Referat prezentat la Conferinţa Internaţională pentru Măsurări Tehnice, Budapesta, noiembrie, 1958.

[11] TURICIN A. M.: *Măsurarea electrică a mărimilor neelectrice.* Bucureşti, 1957.

[12] VONSOVSKI S. V.: *Teoria modernă a magnetismului* Bucureşti, 1956.

HARRY HERŞCOVICI şi MIOARA CĂLUŞIŢĂ *)

Utilizarea tranzistoarelor în dispozitivele de automatizare

CZ 621 – 52 :621.314.7

Tranzistoarele se utilizează cu succes în multe montaje de reglare automată. Ca amplificatoare tranzistoarele prezintă un factor de merit (produs bandă-cîştig) ridicat şi un consum redus de putere de la sursa de alimentare. În circuitele de comutare, tranzistorul s-a impus ca un comutator ideal. Montajele cu tranzistoare au dimensiuni şi greutate reduse, prezintă robustețe mecanică şi viață practic infinită. Aceste calități au făcut ca la mai puțin de 11 ani de la construirea primelor tranzistoare, utilizarea lor în reglarea automată să depăşească faza de probă. Astăzi, firme cu renume mondial folosesc în bună parte tranzistoarele în construcția regulatoarelor electronice universale unificate [1, 2, 3].

Tranzistoarele se pot utiliza în toate blocurile constructive care alcătuiesc regulatoarele moderne, de pildă la transmițător (în circuitul care adaptează traductorul la blocul de comandă), la blocurile de comandă, de indicare şi la cele de înregistrare (în circuitele de amplificare, detecție sensibilă la fază, modulare, demodulare etc.) [2, 3], la elementele logice, la dispozitivele de comutare şi selecție[1]) [2, 3, 4].

În articolul de față, se trece peste problemele generale de proiectare a circuitelor cu tranzistoare cum ar fi stabilizarea la variația temperaturii, probleme de zgomot, de lărgime de bandă etc., condiții impuse şi pentru alte montaje şi se arată numai cîteva exemple privind problemele caracteristice acestui domeniu de aplicație şi anume:

a) circuite de adaptare a traductorului la blocul de comandă;

b) funcționarea tranzistorului ca releu;

c) circuite de modulare şi demodulare;

d) etajele finale ale amplificatoarelor cu tranzistoare din blocurile de comandă;

e) realizarea funcției de transfer dorite la blocurile de comandă (reacțiile elastice).

În încheiere se prezintă partea electronică a unui regulator construit la ICET.

Circuite de adaptare a traductorului la blocul de comandă

Ca adaptoare pentru traductoare, tranzistoarele se pot folosi ca simple amplificatoare cu reacție care să aducă mărimea de ieşire a traductorului la o valoare unificată de tensiune alternativă sau curent continuu, necesare atacării blocurilor de comandă de indicare, înregistrare etc. Adaptorul se montează lîngă traductor la locul de măsură, de aceea în cazul acestei utilizări este de prețuit robustețea tranzistorului care poate lucra în medii corosive şi este insensibil la trepidații sau şocuri mecanice.

Erorile introduse de variațiile de temperatură se evită printr-o alegere judicioasă a valorilor rezistențelor din circuitul de polarizare a bazei şi emiterului sau prin folosirea de montaje speciale de conectare a tranzistoarelor în cascadă sau prin alte procedee asupra cărora nu vom insista deoarece se utilizează în toate montajele cu tranzistoare.

Un alt avantaj este faptul că gabaritul transmițătorului rămîne simțitor egal cu al traductorului propriu-zis datorită dimensiunilor mici ale tranzistoarelor, ceea ce face ca în multe cazuri, soluția adoptată pentru traductor să fie astfel încît să nu se poată face distincția între traductorul propriu-zis şi blocul transmițător.

Funcționarea tranzistorului ca releu

Montajul cu emiterul la masă este cel mai apreciat în funcționarea tranzistorului ca releu. În fig. 1 se vede că dacă se aplică între emiter şi bază o tensiune negativă mai mică decît U_{BM}

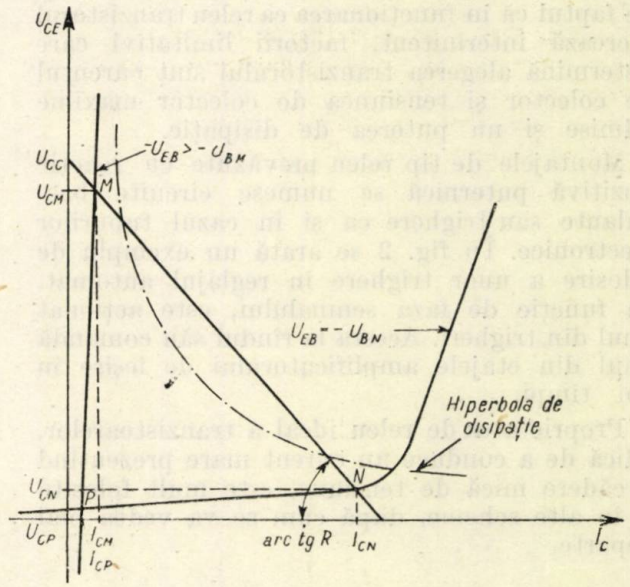


Fig. 1. Funcționarea tranzistorului ca releu.

sau o tensiune pozitivă, tranzistorul funcționează în punctul M şi este parcurs de curentul de colector I_{CM} de valoare suficient de mică încît

*) Ing. H. HERŞCOVICI este şef de laborator şi ing. M. CĂLUŞIŢĂ cercetător la Institutul de cercetări electrotehnice.

[1]) Articolul de față nu cuprinde elementele logice, dispozitivele de comutare şi selecție etc. cu tranzistoare.

circuitul să poată fi considerat întrerupt (contact deschis). Dacă între emiter şi bază se aplică o tensiune negativă de valoare absolută mai mare decît U_{BN} tranzistorul funcţionează în punctul N. Tensiunea de alimentare U_{cc} se aplică aproape în întregime pe sarcina R şi numai o mică parte U_{CN} cade pe tranzistor. Curentul de colector devine $I_{CN} = \frac{U_{cc} - U_{CN}}{R} \approx \frac{U_{cc}}{R}$ şi circuitul poate fi considerat închis (contact închis). Cu cît I_{CM} şi U_{CN} sînt mai mici, funcţionarea tranzistorului se apropie mai mult de a unui releu ideal. Coordonatele punctului P pot servi ca un criteriu de apreciere a preciziei de comutare la semnale mici deoarece determină semnalul minim care poate fi comutat.

Tranzistorul în regim de releu, disipînd puteri mici, poate comanda puteri mari. Într-adevăr în fig. 1 se vede că în timp ce tranzistorul conduce, puterea disipată $U_{CN} \cdot I_{CN}$ este mult mai mică decît puterea din sarcină $(U_{cc} - U_{CN}) I_{CN}$.

Randamentul în funcţionarea tip releu poate ajunge la valori de 95% din cauza caracteristicilor tranzistoarelor cu cot mai pronunţat decît la tuburile electronice. Ţinînd seama şi de faptul că în funcţionarea ca releu tranzistorul lucrează intermitent, factorii limitativi care determină alegerea tranzistorului sînt curentul de colector şi tensiunea de colector maxime admise şi nu puterea de disipaţie.

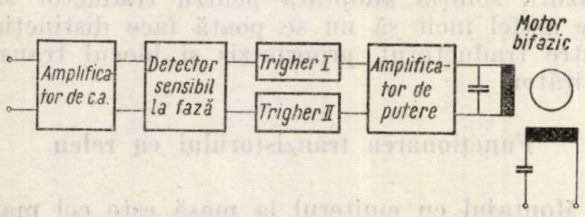


Fig. 2. Sistem de acţionare tip releu.

Montajele de tip releu prevăzute cu reacţie pozitivă puternică se numesc circuite basculante sau trighere ca şi în cazul tuburilor electronice. În fig. 2 se arată un exemplu de folosire a unor trighere în reglajul automat. În funcţie de faza semnalului, este acţionat unul din trigheri. Acesta la rîndul său comandă unul din etajele amplificatorului de ieşire în doi timpi.

Proprietatea de releu ideal a tranzistoarelor, adică de a conduce un curent mare prezentînd o cădere mică de tensiune, este mult folosită şi în alte scheme, după cum se va vedea mai departe.

Circuite de modulare şi demodulare

Folosind însuşirea de comutator a tranzistorului se pot realiza vibratoare sincrone numite şi modulatoare. Principala utilizare a modulatoarelor fiind în amplificatoarele de curent continuu cu purtătoare, la convertirea tensiunii continue în tensiune alternativa, se cere ca tranzistoarele din modulatoare să funcţioneze corect la semnale mici. Experienţa a arătat că se obţine o precizie mai bună de comutare

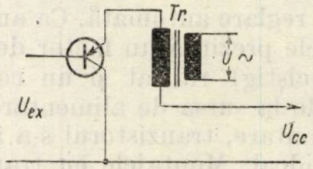


Fig. 3. Modulator.

(punctul P mai aproape de origină), folosind un montaj cu colectorul la masă. Familia de caracteristici păstrează alura caracteristicilor din fig. 1 numai că în acest caz curentul de excitaţie absorbit de baza tranzistorului creşte de 5...10 ori. Ţinînd seama că acest curent este luat de la sursa de excitaţie şi nu de la semnal, faptul nu este supărător.

În fig. 3 este arătat un montaj de modulare. Cînd tensiunea de excitaţie U_{ex} se aplică cu alternanţa negativă pe bază, tranzistorul este deschis şi un impuls de curent parcurge înfăşurarea primară a transformatorului T_r. În timpul alternanţei pozitive, întrucît valoarea tensiunii de excitaţie se alege astfel încît baza să fie mai pozitivă decît emiterul şi decît colectorul, tranzistorul este tăiat şi circuitul întrerupt. Cînd semnalul de curent continuu care trebuie modulat (U_{cc}) devine egal cu zero, tensiunea de la bornele tranzistorului devine egală cu U_{CP} în planul corespunzător al caracteristicilor cu colectorul la masă. În montajul din fig. 4 această tensiune este compensată prin folosirea a două tranzistoare la bornele cărora apar tensiunile reziduale U_{CP} în antifază. Este de notat că variaţia potenţialului U_{CP} cu temperatura limitează folosirea modulatoarelor cu tranzistoare la semnale mici.

S-au construit şi alte tipuri de vibratoare sincrone cu tranzistoare [6] şi în montaje speciale cu transformatoare s-a ajuns la precizii

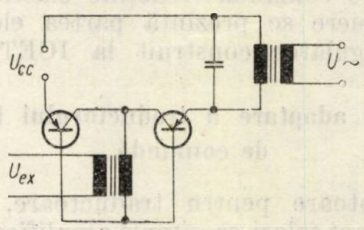


Fig. 4. Modulator cu compensarea tensiunii reziduale U_{CP}.

mari (erori de ordinul zecilor de microvolţi), [8] deci aproape de performanţele modulatoarelor magnetice de calitate bună.

Marele avantaj al modulatoarelor cu tranzistoare este posibilitatea de a utiliza frecvenţe

purtătoare ridicate. Aceasta permite mărirea considerabilă a benzii de frecvenţă a amplificatoarelor de curent continuu cu purtătoare, faţă de cazul utilizării vibratoarelor mecanice[2]).

Demodularea este acţiunea inversă modulării. Aproape toate schemele de modulare pot servi şi la demodulare. În cazul montajului din fig. 4 semnalul alternativ se aplică la bornele transformatorului ($U\sim$) şi se obţine tensiunea continuă demodulată U_{cc}.

Circuitele de modulare şi demodulare se folosesc mult în blocurile de comandă mai ales din cauză că amplificatoarele de curent continuu cu tranzistoare sînt mai puţin stabile ca derivă decît cele cu tuburi. În circuitele de reacţie ale regulatoarelor foarte adesa se asociază funcţiunile de modulare şi demodulare. Se modulează de pildă semnalul, se aplică apoi unei reţele colectoare, se modulează din nou şi semnalul alternativ obţinut se aplică la intrarea regulatorului în antifază cu semnalul de eroare.

Etajele finale ale amplificatoarelor cu tranzistoare din blocurile de reglare

Amplificatorul cu tranzistoare din blocul de comandă trebuie să asigure la ieşire o putere suficientă pentru a putea acţiona un amplificator final magnetic, electromagnetic [2, 4, 7,9]

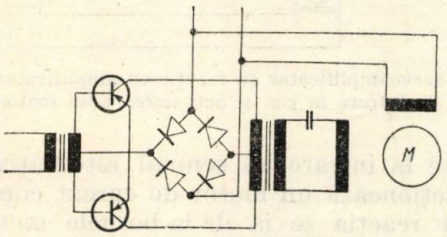


Fig. 5. Servoamplificator de putere de c.a. alimentat cu tensiune redresată nefiltrată.

sau direct elementul de execuţie vană, motor bifazic etc. [4, 10]. Puterea aceasta este uneori mai mare decît puterea pe care o pot disipa tranzistoarele de fabricaţie curentă. În aceste cazuri se utilizează etaje finale în care tranzistoarele lucrează în regim special de mare randament, astfel încît puterea comandată să fie mult mai mare decît puterea disipată de tranzistor.

În fig. 5 este arătată o astfel de schemă de amplificator în contratimp cu tranzistoare, care acţionează un motor bifazic. Montajul seamănă cu amplificatorul în contratimp clasă B utilizat curent, numai că este alimentat cu tensiune redresată nefiltrată, fapt care face să scadă puterea disipată de tranzistor. În fig. 6, *a* este arătată repartiţia tensiunilor pentru cazul montajului din fig. 5, iar în fig. 6, *b* pentru un amplificator clasă B, obişnuit. S-au notat cu U_{cc} tensiunea de alimentare a circuitului de colector, U_c căderea de tensiune pe tranzistor şi U_s

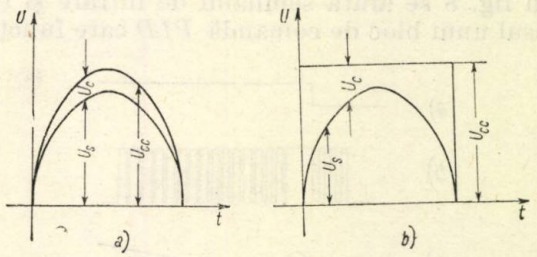


Fig. 6. Repartiţia tensiunii la amplificatorul alimentat cu tensiune redresată nefiltrată (*a*) şi cu tensiune continuă (*b*).

tensiunea pe sarcină. Curentul prin tranzistor şi sarcină fiind acelaşi, raportul dintre tensiunea pe sarcină U_s şi tensiunea la bornele tranzistorului U_c este egal cu raportul dintre puterea comandată şi cea disipată şi se vede că acest raport este mai mare la amplificatorul alimentat cu tensiune redresată nefiltrată (fig. 6, *a*). Randamentul acestui montaj poate atinge valori de ordinul 96,6% faţă de 78% valoarea maximă care se obţine în funcţionarea clasă B [10].

Atunci cînd sarcina trebuie să fie parcursă de un curent continuu de polaritate dată se pot utiliza amplificatoare de c. a. prevăzute la ieşire cu detectoare sensibile la fază. În fig. 7 se arată un astfel de montaj [10] destinat acţionării vanelor electrohidraulice. Schema are un randament ridicat şi cere tranzistoare cu putere de disipaţie relativ scăzută.

Un alt mod de a mări puterea manevrată de tranzistor este funcţionarea tip releu. Tranzistorul din etajul final este comandat cu impulsuri astfel încît sau este tăiat, sau conduce curentul maxim (funcţionează în pct. *N* din fig. 1, unde randamentul este bun şi puterea disipată mică) şi nu rămîne într-alt punct de funcţionare intermediar în care puterea disipată este mai mare şi ar putea depăşi hiperbola de disipaţie. Mărimea de execuţie, se obţine ca valoarea medie a impulsurilor de la ieşire. Blocul de control cuprinde un amplificator de curent continuu la intrarea căruia se aplică semnalul de eroare. Amplificatorul are o puternică reacţie pozitivă care îl transformă într-un element cu caracteristică de releu. Acestui amplificator i se aplică şi o reacţie negativă printr-o reţea corectoare constituită dintr-un filtru, trece jos. La ieşire se

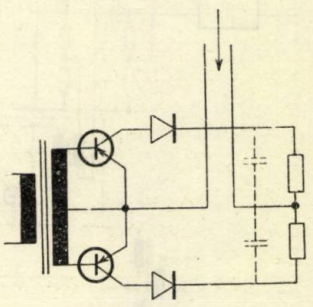


Fig. 7. Detector sensibil la fază.

[2]) Se ştie că banda de frecvenţă a amplificatorului de curent continuu cu purtătoare este de aproximativ 1/10 din frecvenţa purtătoare.

obţin impulsuri cu durată variabilă. Dacă considerăm ca mărime de ieşire valoarea medie a impulsurilor, atunci se obţine funcţia de transfer dorită (*PD* sau *PID*) alegînd convenabil reţeaua corectoare.

În fig. 8 se arată semnalul de intrare şi răspunsul unui bloc de comandă *PID* care funcţionează în impulsuri. Se vede că dacă durata impulsurilor este suficient de mică, sistemul poate fi considerat continuu.

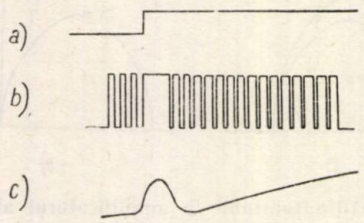


Fig. 8. Răspunsul unui sistem PID acţionat în impulsuri:
a — semnalul de intrare; *b* — semnalul de ieşire; *c* — valoarea medie a semnalului de ieşire.

Realizarea caracteristicii de transfer a blocului de comandă

Mărimea de execuţie obţinută la ieşirea blocului de comandă este în cazul cel mai general o funcţie de eroare de derivata şi integrala erorii (comandă *PID*). Această funcţie de transfer a blocului de comandă se obţine folosind montaje care diferă ca scheme bloc şi valori de piese de montajele construite cu tuburi electronice şi se poate afirma că realizarea reacţiei elastice este problema cea mai dificilă la utilizarea tranzistoarelor în sistemele de reglare automată. Este greu de spus care este soluţia cea mai recomandabilă şi trebuie stabilit de la caz la caz care este schema cea mai convenabilă. Pentru ilustrare, se prezintă cîteva montaje [4].

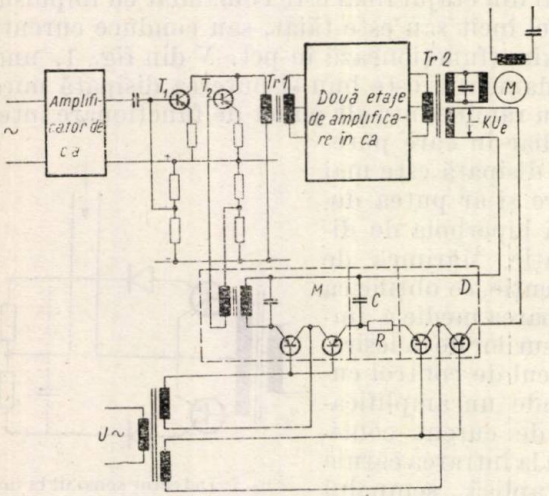


Fig. 9. Servoamplificator cu reacţie integrală.

În fig. 9 se arată schema unui amplificator cu reacţie integrală. Amplificatorul din blocul de comandă primeşte la intrare un semnal alternativ şi asigură la ieşire o tensiune alternativă care alimentează un motor bifazic. Pentru efectuarea reacţiei o parte din tensiunea alternativă de ieşire KU este demodulată în demodulatorul D, tensiunea continuă obţinută este aplicată reţelei integrale RC, apoi este din nou modulată în modulatorul M şi introdusă în circuitul bazei tranzistorului T_2. Semnalul de reacţie astfel obţinut se însumează cu semnalul de eroare pe transformatorul T_{r_1} pe care debitează în paralel tranzistorul T_1 o mărime proporţională cu eroarea, şi tranzistorul T_2, mărimea de reacţie. Această însumare este posibilă fără să apară o reacţie spre intrarea montajului deoarece tranzistoarele prezintă o impedanţă de ieşire pe colector mare, comparativ cu impedanţa transformatorului T_{r_1}.

În fig. 10 este prezentat un sistem de reglaj la care amplificatorul din blocul de comandă primeşte la intrare un semnal alternativ şi la ieşire acţionează un motor de curent continuu. Întrucît reacţia se ia de la bornele motorului deci este o tensiune continuă, este mai convenabil să se facă însumarea semnalului de reacţie cu cel de eroare în curent continuu. Se întrerupe lanţul de amplificare şi se introduce un circuit demodulator — modulator *DM*. Tensiunea alternativă ce urmează a fi demodulată este furnizată de transformatorul $T_{r_1} \cdot T_{r_3}$ este înfăşurarea de excitaţie care stabileşte sau opreşte conducţia celor două tranzistoare T_1 şi T_2 astfel că prin rezistenţele R_1 şi R_2 va circula un curent continuu pulsatoriu. Semnalul de reacţie de la ieşirea motorului trece prin reţeaua diferenţială R_1C şi se însumează în curent continuu cu semnalul lanţului de amplificare directă. Transformatorul T_{r_2} fiind parcurs de un curent continuu întrerupt, asigură remodularea. Tensiunea alternativă din secundarul acestui transformator este mai departe aplicată unui detector sensibil la fază după care este amplificată cu o amplidină şi apoi alimentează motorul de curent continuu.

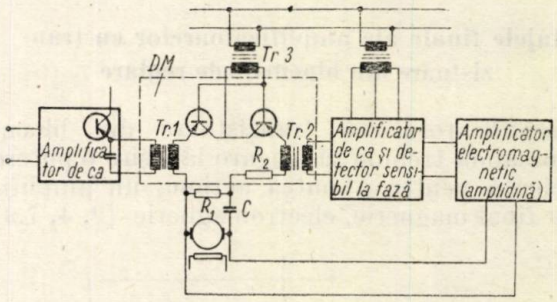


Fig. 10. Servoamplificator cu reacţie cu amplificator pentru semnalul de intrare în c.a. şi acţionarea unui motor de c.c.

În fig. 11 este prezentat un amplificator cu funcţia de transfer diferenţială şi tensiuni con-

tinue la intrare şi ieşire. În acest caz, deoarece tensiunea de intrare este continuă şi este la un nivel redus de putere, este raţional să se obţină caracterul comenzii folosind o reţea corectoare *RC* montată la intrarea lanţului de amplificare directă. Pentru a asigura o amplificare convenabilă este raţional să se moduleze semnalul obţinut (modulatorul *M*), să se amplifice tensiunea alternativă obţinută şi apoi să se detecteze sensibil la fază. Ieşirea se face pe înfăşurarea unui releu.

La regulatoarele de tip releu, reacţia se face într-un mod diferit şi anume: la închiderea contactelor releului se aplică printr-o reţea corectoare o tensiune de reacţie, care produce acelaşi efect ca o scădere a semnalului de comandă. În fig. 12 se arată un amplificator cu tranzistoare pentru un astfel de sistem. Releul *Re* 1 acţionează pentru fiecare sens al erorii cîte două contacte, unul din contactele principale care alimentează elementul de execuţie şi unul din contactele secundare C_1 sau C_2. Cînd semnalul este mic şi releul este neacţionat, contactele C_1 şi C_2 sînt deschise. Tranzistorul *T* lucrează ca un amplificator clasă B cu baza la masă. Cînd semnalul devine suficient de mare încît releul anclanşează închide unul din contactele C_1 sau C_2 şi prin reţeaua corectoare se aplică pe emiter o tensiune negativă de reacţie, care se însumează cu semnalul şi după un interval de timp care depinde de reţeaua corectoare şi mărimea semnalului de comandă, tranzistorul *T* se taie. Curentul prin înfăşurarea releului scade,

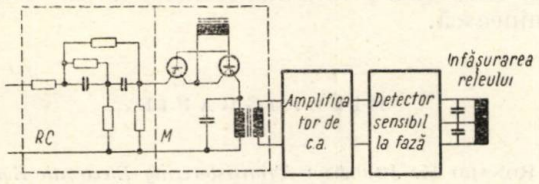


Fig. 11. Servoamplificator cu comandă diferenţială.

releul este dezacţionat şi contactul *C* se deschide. Capacitatea din reţeaua corectoare se descarcă şi după un interval de timp care depinde de reţeaua corectoare şi de durata anclanşării, tranzistorul se deblochează şi dacă semnalul de eroare este încă suficient de mare, releul poate fi anclanşat din nou.

Se remarcă că la acest montaj prin aplicarea reacţiei nu se introduce un semnal auxiliar care să acţioneze în sensul scăderii mărimii de intrare ci se obţine un efect asemănător scăzînd amplificarea către 0 prin deplasarea punctului de funcţionare al tranzistorului *T* în regim neliniar, pînă la tăierea aproape completă a curentului de colector. Din cauză că la montajele cu tranzistoare se pot realiza mai greu impedanţe de intrare mari la care să se racordeze reţelele corectoare, este necesar ca aceste reţele să fie realizate folosind capacităţi de valori mai mari şi rezistenţe mai mici decît în cazul montajelor cu tuburi. Acest fapt aduce dificultăţi cînd trebuie realizaţi timpi de integrare mari şi de aceea uneori, în blocurile de reglare se păstrează circuite cu tuburi electronice (firma Minneapolis Honeywell care are cea

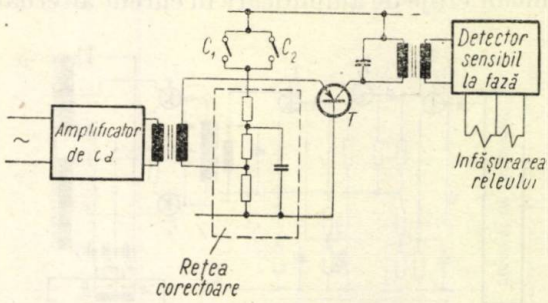


Fig. 12. Amplificator pentru sistem de reglaj cu acţionare tip releu şi reacţie de liniarizare.

mai mare parte din blocurile destinate sistemelor de reglare construite cu tranzistoare în blocul de comandă utilizează tuburi).

Bloc de comandă cu tranzistoare pentru sisteme de reglare automată construit la ICET

Regulatorul automat construit de ICET este destinat reglării proceselor termice. Măsurarea temperaturii se face cu o termorezistenţă, mărimea de eroare rezultînd ca o tensiune de dezechilibru a unei punţi Wheatstone. La ieşire, blocul de comandă acţionează un motor bifazic care printr-un mecanism reglează debitul de combustibil al unui injector.

Sistemul de reglaj lucrează tip releu cu reacţie de liniarizare pentru a se putea utiliza amplificatoare de ieşire şi motor de puteri mai mici.

Blocul de comandă cuprinde trei etaje de amplificare în curent alternativ, un etaj detector sensibil la fază cu tranzistoare şi un etaj de ieşire cu amplificator magnetic în doi timpi cu caracteristică de funcţionare tip releu.

În ceea ce priveşte partea de amplificare cu tranzistoare, pentru a realiza o mai bună adaptare de impedanţe s-au utilizat pentru etajele I şi III montaje cu emiterul la masă, iar pentru etajul II un repetor pe emiter. Rezistenţele de polarizare s-au ales din condiţiile ca tranzistoarele să lucreze în puncte de funcţionare convenabile privind amplificarea, stabilizarea la variaţiile de temperatură şi variaţia parametrilor tranzistoarelor cît şi din condiţia ca la semnale mari, amplificatorul să limiteze simetric forma de undă. Obişnuit, amplificatorul primeşte semnale de ordinul 1—3 mV, dar în situaţii speciale, de pildă începutul încălzirii cuptorului, acest semnal poate atinge 1 V.

În această situaţie se constată că la creşterea semnalului, curentul de ieşire începe să scadă prin înfăşurarea de lucru şi să crească prin cea

în repaos. Remedierea acestei situaţii se obţine prin reglarea circuitului astfel încît limitarea semnalului să se facă simetric pentru ambele alternanţe.

Amplificatorul prezintă un cîştig de putere de cca. 170 db. Amplificarea de tensiune a primelor etaje de amplificare în curent alternativ

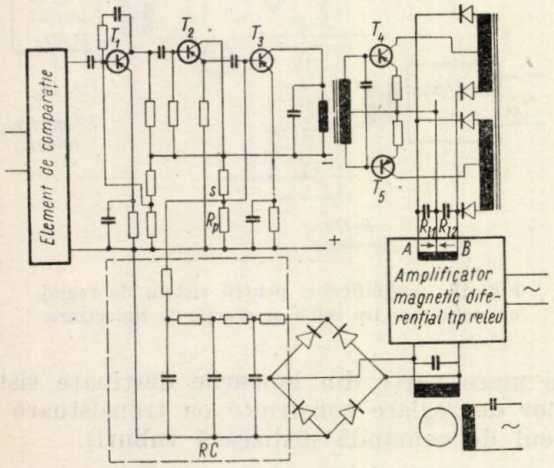


Fig. 13. Bloc de comandă cu tranzistoare pentru sisteme de reglare automată construit la I.C.E.T.

este de cca. 71 db. Amplificarea de putere a detectorului sensibil la fază este de 50 db. (puterea continuă de ieşire/puterea alternativă la intrarea transformatorului de cuplaj) şi corespunde la cca. 6,9 mA c.c./1 V ef (tensiune alternativă la intrarea detectorului sensibil la fază).

Tensiunea de reacţie luată de la ieşirea amplificatorului magnetic este redresată, trecută printr-o reţea de integrare şi aplicată pe rezistenţa de polarizare a bazei la ultimul etaj amplificator de tensiune alternativă. Cînd apare tensiune la ieşirea amplificatorului magnetic, motorul începe să se rotească şi totodată se alimentează reţeaua corectoare *RC*. Tensiunea punctului *S* începe să crească, tranzistorul T_3 intră în regim neliniar şi începe să limiteze semnalul pînă acesta devine suficient de mic încît amplificatorul magnetic să basculeze şi motorul să se oprească. Constanta de timp poate fi variată schimbînd tensiunea care se aplică la bornele reţelei corectoare. Menţionăm că mărirea constantei de timp se poate face şi ridicînd cu ajutorul unui transformator tensiunea de la ieşirea amplificatorului magnetic şi mărind valoarea rezistenţelor din reţeaua corectoare. Încercările au arătat că reacţia funcţionează convenabil şi în cazul cînd amplificatorul magnetic lucrează în regim liniar.

Concluzii

Pe baza rezultatelor industriale deja obţinute se poate afirma că în domeniul reglajului automat elementele semiconductoare au un mare viitor. Tehnica fabricării tranzistoarelor se dezvoltă necontenit, puterea disipată atingînd azi zeci de Waţi şi în anumite cazuri chiar sute. Rezistenţa la şocuri, agenţi chimici şi îmbătrînire sînt chezăşia unei funcţionări sigure.

Desigur, sînt cazuri în care încă mult timp vor mai fi necesare şi alte elemente, de pildă, tuburile electronice atunci cînd stînjeneşte impedanţa mică de intrare a tranzistoarelor (adaptoarele traductoarelor de *p*H, de umiditate etc.) sau amplificatoarele magnetice atunci cînd este supărătoare deriva amplificatoarelor de curent continuu cu tranzistoare (de exemplu la modulatoarele pentru termocuple) sau puterea de ieşire încă limitată, dar chiar şi în aceste cazuri de tranzistorizare parţială a montajelor creşte siguranţa în funcţionare.

În domeniul regulatoarelor electronice, pe piaţa mondială se livrează în special regulatoare automate dotate combinat cu tranzistoare şi tuburi sau cu tranzistoare şi amplificatoare magnetice şi se tinde ca anumite blocuri funcţionale să fie executate pe cît posibil numai cu tranzistoare. Astfel, unele firme execută blocul de comandă cu tranzistoare şi tuburi, altele (Foxboro) preferă construirea blocului de comandă în două variante, din care una numai pe bază de tranzistoare. De asemenea, unele firme execută numai pe bază de tranzistoare, blocurile înregistratoare şi unele blocuri de adaptare a traductoarelor.

Construirea în ţara noastră a regulatoarelor automate cu tranzistoare reprezintă o soluţie modernă, care în scurt timp va avea asigurată baza materială prin tranzistoarele de fabricaţie romînească.

BIBLIOGRAFIE

[1] RONALD K. JURGEN: *Transistorizing Electronic Equipment* Electronics 32 (1959) nr 31 (July) pag. 52–64.

[2] KARP H.R.: *Electronic Process Control Systems.* Control Engineering 5 (1958) nr 11 (nov.) p. 81–96.

[3] HERSCOVICI H., CĂLUSIŢĂ M. şi ŞERBAN R.: *Regulatoare electronice de procese industriale,* Studiu întocmit la ICET în 1959.

[4] KONEV Iu. I.: *Poluprovodnikovie usiliteli dlia slediascih sistem.* Din cartea redactată de IA. A. FEDOTOV, *Polunprovodnicovie pribori i ih primenenie* vol. III, pag. 209–226. Izdatelistsvo Sovetskoe radio, Moskva 1958.

[5] PAUGH T. A.: *Switching Circuits.* Din *Culegerea de articole* de J.M. CARRELL, *Transistor circuits and applications* pag. 142–145. Mc. Graw–Hill Book Comp, New York, Toronto, London, 1957.

[6] BRIGHT R. L., and KRUPER A. P.: *Chopper circuit for D. C. Amplifiers.* Din *Culegerea de articole* de J. M. CARRELL, *Transistor circuits and applications* pag. 255 – 257. Mc. Graw – Hill Book Company, New York, Toronto, London, 1957.

[7] KESSLER C.: *Ein Transistor – Zweipunktregler.* Regelungstechnik 6 (1958) H. 1. p. 20–23.

[8]. KARANDEEV K.B., GOLDGEFTER V. I., MIZIUK M. G.: *Preobrazovateli postoiannovo toka na polupropodnikovih triodah dlia izmeritelinith usilitelei.* Priborîi i tehnika eksperimenta, nr 2, 1959 martie–aprilie, p. 62–64.

[9] VOLODIN V. S., LARIN E. D., ROSENBLAT E. A., SUBOTINA G. V.: *Bistrodeistvuiuşcii dvuk taktnîi*

magnitno-poluprovodnikovii usiliteli dlia silovovo slediaşcevo privoda. Avtomatika i telemehanica nr. 3, 1959, p. 323–330.

[10] BRUCE M. BENTON: *Servo Power Amplifier.* Din Culegerea de articole de John M. Carrell, *Transistor circuits and applications* p. 262 – 264. Mc. Graw – Hill Book Comp., New-York, Toronto, London, 1957.

[11] ROSENBLAT M. A., SUBOTINA G. V.: *Povişenie coeffitienta poleznovo deistvia reversivnovo magnitnovo usilitellia postoianovo toka pri pomoşci transistorov.* Avtomatika i telemehanica nr. 9, 1959, p. 1268 – 1273.

MARIUS HĂNGĂNUŢ*) şi MILOS DRAHNY**)

Circuitul unui arc electric de curent alternativ amorsat artificial***)

CZ 621.3.014.31.025

Lucrarea de faţă se referă la analiza circuitului electric monofazat al unui arc electric de curent alternativ, care din cauza condiţiilor de ardere ale arcului, electrozi metalici răciţi şi deionizare puternică a coloanei de gaz, trebuie amorsat artificial la fiecare semiperioadă. În această situaţie funcţionarea arcului electric, ca şi toate mărimile care îl definesc, devin funcţie de momentul amorsării artificiale, în raport cu trecerea prin zero a sinusoidei tensiunii de alimentare.

În articol se stabilesc expresiile matematice ale mărimilor electrice din circuit şi se înfăţişează sub formă de grafice valorile parametrilor de bază ai circuitului în funcţie de variabila independentă (momentul de amorsare). Articolul a fost scris pe baza unei colaborări între autori, care au studiat separat această problemă şi s-au străduit apoi să dea o formă comună concluziilor la care au ajuns.

Precizări

În condiţiile amintite caracteristica statică $U_a = f(I_a)$ a arcului electric este în general o hiperbolă, tensiunea scăzînd cu creşterea curentului datorită dependenţei proporţionale a conductibilităţii coloanei de arc de valoarea curentului ce o străbate.

Inerţia extrem de redusă a arcului explică instabilitatea pronunţată a acestuia. Din punct de vedere electric arcul se comportă ca o rezistenţă chimică pură [1].

Caracteristica statică negativă a arcului ridică problema stabilităţii punctului de funcţionare. Pentru ca arcul să ardă stabil se cere ca panta caracteristicii externe a sursei în punctul de funcţionare să fie mai mare decît aceea a arcului, ceea ce se realizează prin înserierea cu arcul a unei bobine de şoc (fig. 2) [2].

Bobina se consideră ca făcînd parte integrantă din sursă, deci atunci cînd se definesc mărimile de scurtcircuit, se înţelege prin aceasta un scurtcircuit la bornele arcului.

Ecuaţia caracteristicii statice a arcului nu a fost determinată încă în mod general. Prin aceasta sistemul de ecuaţii necesar rezolvării problemei nu este complet. În concordanţă cu observaţiile experimentale însă se poate preciza că tensiunea la bornele arcului rămîne practic constantă pe toată durata de ardere a arcului şi că această tensiune este independentă de momentul în care se produce amorsarea. Fig. 3 curba *1* înfăţişează o oscilogramă tipică a tensiunii la bornele arcului. În momentul ωt_1 arcul este amorsat artificial şi arde pînă în momentul ωt_2.

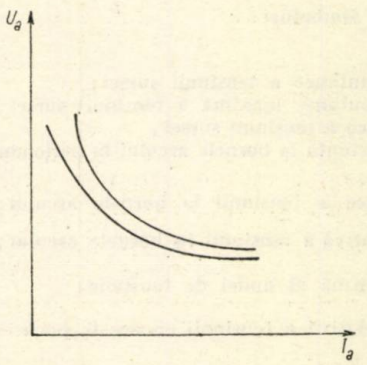


Fig. 1. Caracteristica statică a arcului electric de 50 Hz.

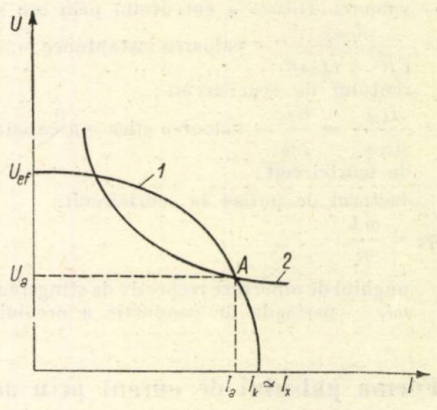


Fig. 2. Condiţia de stabilitate:
1 – caracteristica externă a sursei;
2 – caracteristica arcului la 50 Hz.

De la ωt_2 pînă la $\omega t_1 + \pi$ pe electrozi apare printr-un fenomen tranzitoriu tensiunea sursei, apoi fenomenul se repetă pentru semiperioada următoare. Curbele *2* şi *3* reprezintă

*) Ing. M. HĂNGĂNUŢ, laureat al Premiului de Stat, este inginer principal la Institutul de Fizică Atomică – Cluj.

**) Ing. M. DRAHNY, candidat în ştiinţe tehnice, este inginer la Výzkumný ústav energetický – Brno, C.S.R.

***) Lucrare efectuată în cadrul ICECHIM – Bucureşti şi Výzkumný ústav energetický – Brno, C.S.R.

respectiv curentul prin arc şi tensiunea sursei. În cele ce urmează deci caracteristica arcului electric va fi considerată $U_a = \text{const.}$ având două valori respectiv $\pm U_a$ după sensul tensiunii de alimentare.

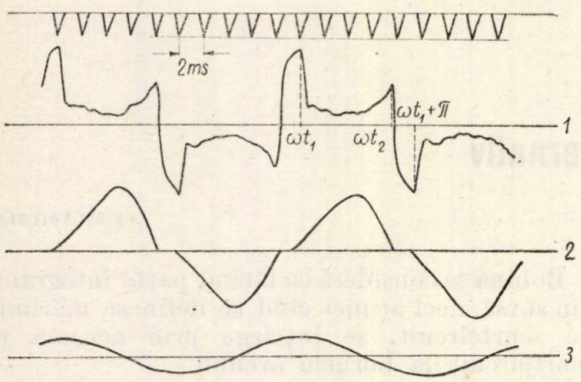


Fig. 3. Oscilogramă.

Simboluri:

u — valoarea instantanee a tensiunii sursei;
U_m — valoarea instantanee maximă a tensiunii sursei;
U_{ef} — valoarea eficace a tensiunii sursei;
U_a — tensiunea constantă la bornele arcului în perioada de ardere;
U_{aef} — valoarea eficace a tensiunii la bornele arcului;
$\beta = \frac{U_a}{U_m}$ — valoarea relativă a tensiunii la bornele arcului;
f_f — factorul de formă al undei de tensiune;
$\varepsilon = \frac{U_{aef}}{U_{ef}}$ — valoarea relativă a tensiunii eficace la bornele arcului;
R — rezistenţa totală a circuitului electric;
$R_a = \frac{U_a}{I_a}$ — rezistenţa arcului electric;
$L\omega$ — rezistenţa bobinei de şoc;
Z — impedanţa circuitului electric;
i_a — valoarea instantanee a curentului prin arc şi circuit;
I_a — valoarea eficace a curentului prin arc şi circuit;
$I_{km} = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 + (L\omega)^2}}$ — valoarea instantanee maximă a curentului de scurtcircuit;
$I_{xm} = \frac{I_{km}}{\sin \varphi_k} = \frac{U_m}{L\omega}$ — valoarea eficace a curentului ideal de scurtcircuit;
$\cos \varphi_k$ — factorul de putere la scurtcircuit;
$\gamma = \operatorname{tg} \varphi_k = \frac{\omega L}{R}$;
ωt_1, ωt_2 — unghiul de amorsare respectiv de stingere al arcului;
$\tau = \omega t_2 - \omega t_1$ — perioada de conducţie a arcului.

Forma pulsului de curent prin arc

Fig. 4 reprezintă schema circuitului electric experimental. Transformatorul serveşte la ridicarea tensiunii necesare arderii arcului şi se consideră ca un element liniar. Din această cauză analiza circuitului se efectuează pe un circuit simplificat (fig. 5) fără ca prin aceasta generalitatea să fie restrînsă. Tensiunea aplicată circuitului este:

$$u = U_m \sin \omega t \qquad (1)$$

iar tensiunea de ardere a arcului:

$$u = U_a \text{ pentru intervalul } \omega t_1 < \omega t < \omega t_2 \qquad (2)$$

Expresia pulsului de curent prin arc (pentru semiperioada pozitivă) se obţine din rezolvarea ecuaţiei diferenţiale a circuitului din fig. 5, adică:

$$L \frac{di_a}{dt} + Ri_a + U_a = U_m \sin \omega t \qquad (3)$$

Ţinînd seama că pentru:

$$\omega t = \omega t_1 \qquad i_a = 0 \qquad (4)$$

valoarea instantanee a pulsului de curent prin arc este [3, 4]:

$$i_a = I_{km} \left\{ \sin (\omega t - \varphi_k) - \frac{\beta}{\cos \varphi_k} - \left[\sin (\omega t_1 - \varphi_k) - \frac{\beta}{\cos \varphi_k} \right] e^{-\frac{\omega t - \omega t_1}{\gamma}} \right\} \qquad (5)$$

Perioada de conducţie a curentului, din cauza amorsării artificiale şi a tensiunii U_a, poate fi mai mică sau cel mult egală cu π rad. Dacă condiţia de amorsare şi parametrii circuitului sînt astfel aleşi încît perioada de conducţie este mai mare ca π rad., una dintre semiperioadele curentului se suprimă din cauză

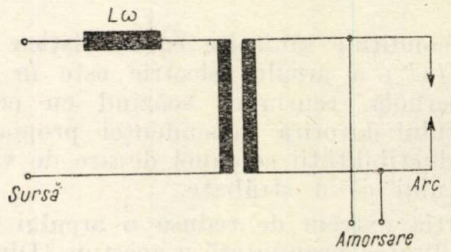


Fig. 4. Schema circuitului experimental.

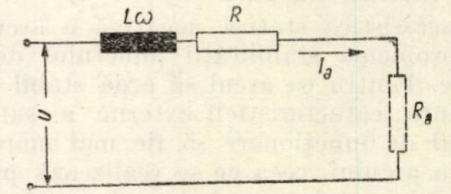


Fig. 5. Schema simplificată a circuitului.

că amorsarea care se comandă la un interval riguros de 180°, apare defazată înainte, faţă de momentul în care se stinge arcul:

$$\omega t_1 + \pi < \omega t_2$$

Circuitul poate funcţiona într-o astfel de situaţie dînd naştere la un curent pulsatoriu redresat prin arc, fig. 6.

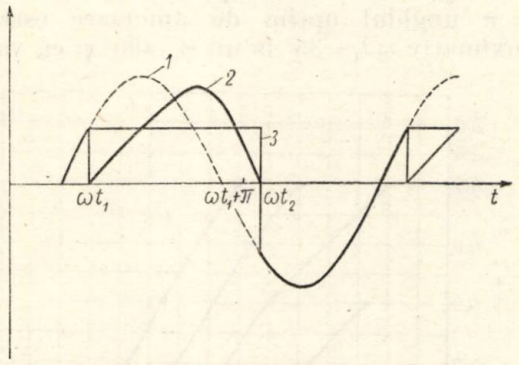


Fig. 6. Funcţionarea circuitului în regim de redresare ($\omega t_2 > \omega t_1 + \pi$):
1 – tensiunea de alimentare; *2* – curentul în circuit; *3* – tensiunea la bornele arcului.

Unghiul de stingere al arcului (ωt_2).

Dacă în expresia (5) se consideră condiţia :

$$i_a = 0 \qquad \text{pentru} \qquad \omega t = \omega t_2$$

aceasta devine :

$$\left[\sin(\omega t_2 - \varphi_k) - \frac{\beta}{\cos\varphi_k}\right] e^{\frac{\omega t_2}{\gamma}} =$$

$$= \left[\sin(\omega t_1 - \varphi_k) - \frac{\beta}{\cos\varphi_k}\right] e^{\frac{\omega t_1}{\gamma}} \qquad (6)$$

Ecuaţia (6) nu este rezolvabilă explicit, dar prin folosirea unei funcţiuni ajutătoare, respectiv :

$$y = \left[\sin(\omega t - \varphi_k) - \frac{\beta}{\cos\varphi_k}\right] e^{\frac{\omega t}{\gamma}} \qquad (7)$$

şi ţinînd seama de faptul că în cazul nostru interesează numai acele soluţii care corespund condiţiilor :

$$0 < \omega t_1 < \pi \quad \text{şi} \quad \omega t_1 < \omega t_2 < \omega t_1 + 2\pi \qquad (8)$$

se poate obţine pentru fiecare moment de amorsare ωt_1, momentul de stingere corespunzător ωt_2.

Funcţia y conţine pe φ_k şi β ca parametri. Primul este cuprins în majoritatea cazurilor între :

$$85° \leqslant \varphi_k \leqslant 89° \qquad (9)$$

al doilea poate lua teoretic orice valoare între :

$$0 \leqslant \beta \leqslant 1$$

Funcţia y se schimbă puţin dacă φ_k variază între limitele amintite, fiind însă hotărîtor influenţat de parametrul β. Pentru cazul limită cînd $\varphi_k = 90°$ ceea ce corespunde unui circuit electric a cărui rezistenţă este nulă, funcţia y devine :

$$y' = \cos\omega t + \beta\,\omega t \qquad (10)$$

Cu ajutorul funcţiei y s-a calculat funcţia (6) pentru cazul $\varphi_k = 89°$ şi β ca parametru (fig. 7) Fig. 7 dă o privire de ansamblu asupra tuturor posibilităţilor de ardere ale arcului [5].

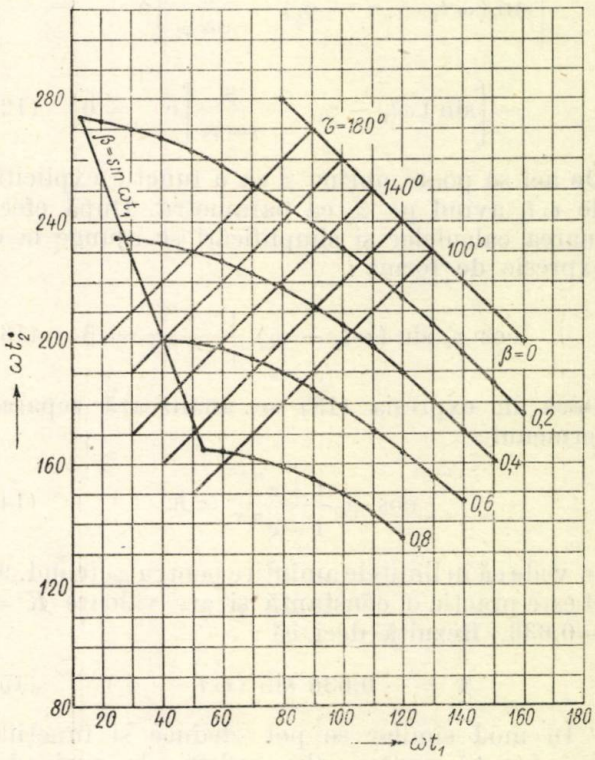


Fig. 7. $\omega t_2 = f(\omega t_1)$. Parametru β, constantă $\varphi_u = 89°$.

Parametrul β şi perioada de conducţie a arcului τ.

Deoarece în cazul experienţelor noastre arcul electric este un arc util, este de dorit ca energia dezvoltată de acesta să fie maximă. Aceasta impune pentru perioda de conducţie condiţia : $\tau = \pi$ adică perioada de timp între o stingere şi o reaprindere de arc să fie redusă practic la zero. Pentru fiecare ωt_1 perioada de conducţie are o valoare dependentă de φ_k, în mică măsură pentru intervalul amintit (cond. 9) şi de β. β este un parametru foarte important deoarece determină valoarea necesară a tensiunii de alimentare a sursei faţă de tensiunea la bornele arcului. β are în funcţie de ωt_1 valorile limită cuprinse între :

$$\sin\omega t_1 \geqslant \beta \geqslant 0 \qquad (11)$$

Într-adevăr dacă $\beta > \sin\omega t_1$, chiar dacă arcul este amorsat artificial, el nu poate arde din cauză că în momentul amorsării valoarea instantanee a tensiunii sursei este mai mică

decît tensiunea la borne necesară arderii arcului. Dacă în ecuația (6) se introduce pentru ωt_2 valoarea

$$\omega t_2 = \omega t_1 + \pi$$

ceea ce corespunde unei perioade de conducție de π rad., aceasta devine :

$$\left[\sin(\omega t_1 + \pi - \varphi_k) - \frac{\beta}{\cos\varphi_k}\right] e^{\frac{\omega t_1 + \pi}{\gamma}} - \left[\sin(\omega t_1 - \varphi_k) - \frac{\beta}{\cos\varphi_k}\right] e^{\frac{\omega t_1}{\gamma}} = 0 \quad (12)$$

De aci se poate obține β ca o funcție explicită de ωt_1 avînd pe φ_k ca parametru. După efectuarea calculelor și simplificări se ajunge la o expresie de forma :

$$\cos\varphi_k \sin(\omega t_1 - \varphi_k) \frac{1 + e^{\pi/\gamma}}{1 - e^{\pi/\gamma}} = \beta \quad (13)$$

Dacă în expresia (13) se analizează separat termenul :

$$\cos\varphi_k \frac{1 + e^{\pi/\gamma}}{1 - e^{\pi/\gamma}} = K \quad (14)$$

se vede că în limitele amintite pentru φ_k (cond. 9) el este practic o constantă și are valoare $K = -0{,}636$. Rezultă deci că :

$$\beta = -0{,}636 \sin(\omega t_1 - \varphi_k) \quad (15)$$

În mod similar se pot deduce și funcțiile $\beta = f(\omega t_1)$ pentru alte valori ale perioadei

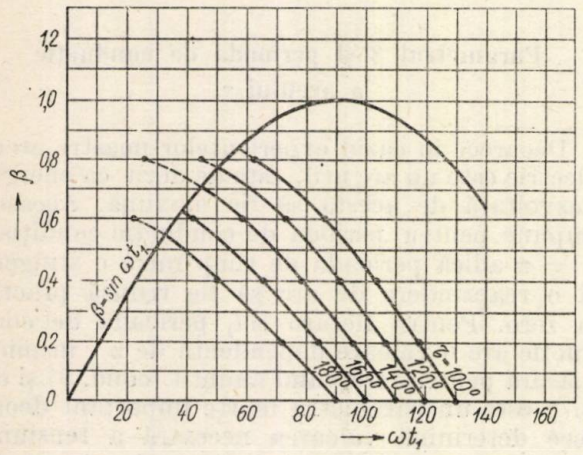


Fig. 8. $\beta = f(\omega t_1)$. Parametru τ, constantă $\varphi_u = 89°$.

de conducție. Fără a mai face acest lucru, cu ajutorul diagramelor din fig. 7 s-au trasat funcțiile :

$$\beta = f(\omega t_1)_\tau \quad (16)$$

avînd pe τ ca parametru (fig. 8). În diagramă figurează și condiția limită (11).

În mod asemănător s-au trasat și funcțiile :

$$\tau = f(\omega t_1)_\beta \quad (17)$$

Din fig. 8 se vede ca pentru $\varphi_k = \text{const.}$ și $\tau = \pi$ unghiul optim de amorsare este de aproximativ $\omega t_1 = 35°$ la un $\varphi_k \to 90°$ și că valoa-

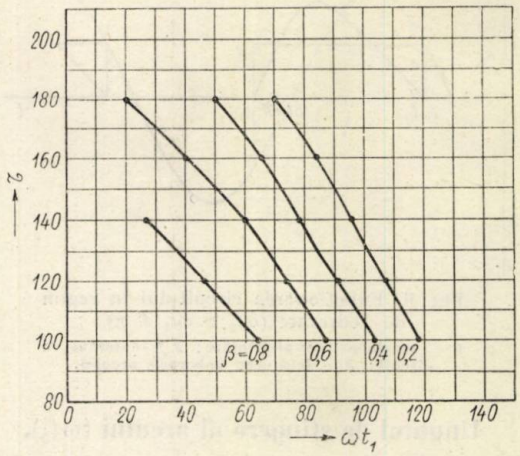


Fig. 9. $\tau = f(\omega t_1)$. Parametru β, constantă $\varphi_u = 89°$.

rea maximă pentru β este de 0,5. Dacă însă se lucrează cu o perioadă de conducție mai redusă $\tau < \pi$ din fig. 8 se vede că β poate fi mult mărit, teoretic chiar peste $\beta = 0{,}707$.

O primă consecință a acestui fapt este că o creștere a lui β (ceea ce poate surveni și în mod accidental din cauza modificării condițiilor de ardere ale arcului), pentru un ωt_1 constant duce la o micșorare a perioadei de conducție (vezi fig. 9). Acest lucru este foarte important deoarece condiția limită $\tau = \pi$ poate pentru o anumită valoare a lui β să împiedice avansarea unghiului de amorsare ceea ce duce la o proastă utilizare a circuitului electric al arcului.

Valoarea eficace a tensiunii la bornele arcului

Dacă tensiunea la bornele arcului pe toată perioada de ardere este considerată constantă, iar fenomenele ce însoțesc amorsarea ca și durata lor față de perioada de conducție sînt neglijabile, valoarea eficace a tensiunii la bornele arcului este egală cu valoarea constantă a tensiunii de ardere a arcului. În realitate, perioada de neconducție a arcului are o valoare finită iar tensiunea ce apare la borne în acest interval este tensiunea în gol a sursei. Valoarea eficace a tensiunii la bornele arcului este deci conform definiției :

$$U_{ef} = \sqrt{\frac{1}{\pi}\int_{\omega t_1}^{\omega t_2} U_a^2 \, d\,\omega t + \frac{1}{\pi}\int_{\omega t_2}^{\omega t_1 + \pi} U_m^2 \sin^2\omega t \, d\,\omega t} \quad (18)$$

Făcînd calculele și grupînd termenii se ajunge la :

$$U_{ef} = \sqrt{\frac{U_a^2}{\pi}\tau + \frac{U_m^2}{2\pi}\left[(\pi - \tau) - \frac{\sin 2\omega t_1 - \sin 2\omega t_2}{2}\right]} \quad (19)$$

Dacă tensiunea U_a este considerată ca o tensiune medie, echivalentă unei tensiuni continue, raportul valorii eficace a tensiunii către această valoare medie reprezintă factorul de formă al undei respective. Împărţind expresia (19) cu U_a aceasta devine :

$$f_f = \sqrt{\frac{\tau}{\pi} + \frac{1}{2\pi\beta^2}\left[(\pi - \tau) - \frac{\sin 2\omega t_1 - \sin 2\omega t_2}{2}\right]} \quad (20)$$

Cu ajutorul expresiei (20) se poate determina pentru o situaţie cunoscută (ωt_1 şi β precizaţi) cu cît tensiunea măsurată de un voltmetru la bornele arcului, diferă faţă de tensiunea U_a proprie arcului. Cu ajutorul fig. 9 şi a expresiei (20) s-au trasat funcţiile :

$$f_f = f(\omega t_1)_{\beta,\tau} \quad (21)$$

care sînt reprezentate în fig. 10 pentru $\tau =$ const. şi β parametru. De aci se vede că pentru o situaţie în care perioada de conducţie este diferită de π rad. şi în general pentru valori mici ale lui $\beta < 0{,}6$ un voltmetru la bornele arcului, ce măsoară valori eficace, va indica o tensiune mult diferită de tensiunea de ardere

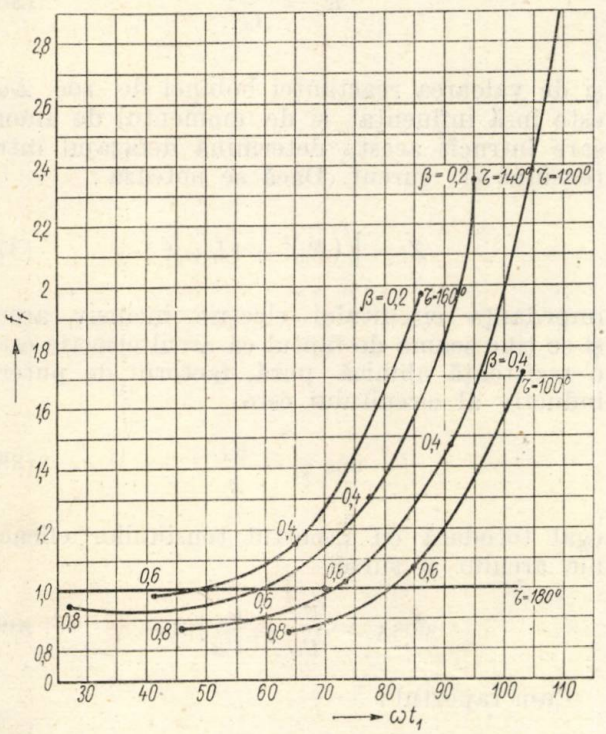


Fig. 10. $f_f = f(\omega t_1)$. Parametri τ şi β, constantă $\varphi_u = 89°$.

a arcului. Dacă expresia (19) se împarte cu U_{ef} se obţine un factor adimensional :

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{1}{\pi}\left[(2\beta^2 - 1)\tau + \pi + \right.} \quad (22)$$

$$\left. + \sin \omega t_2 \cos \omega t_2 - \sin \omega t_1 \cos \omega t_1\right]$$

Acest factor indică cu cît valoarea eficace a tensiunii la bornele arcului, diferă de valoarea eficace a tensiunii sursei. Pentru $\tau = \pi$, $\varepsilon = \beta\sqrt{2}$.

Valoarea medie a puterii utile în arc

Conform definiţiei valoarea medie a puterii utile în arc este dată de integrala :

$$P_a = \frac{1}{\pi}\int_{\omega t_1}^{\omega t_2} U_a\, i_a\, \mathrm{d}\omega t \quad (23)$$

Rezolvînd integrala (23) se obţine expresia :

$$P_a = \frac{\beta U_m I_{km}}{\pi}\left\{\cos(\omega t_1 - \varphi_k) - \cos(\omega t_2 - \varphi_k) - \right.$$

$$\left. - \frac{\beta\tau}{\cos\varphi_k} - \gamma\left[\sin(\omega t_1 - \varphi_k) - \sin(\omega t_2 - \varphi_k)\right]\right\} \quad (24)$$

Dacă expresia (24) se împarte cu puterea ideală de scurtcircuit respectiv :

$$P_{sc} = U_{ef}\, I_x$$

se obţine după calcule şi simplificări expresia nedimensională :

$$p_a = \frac{2}{\pi}\gamma\beta\left[-\beta\tau - \cos\omega t_2 + \cos\omega t_1\right] \quad (25)$$

Puterea activă în circuit

În circuitul electric pe lîngă puterea utilă din arc apare şi o putere activă pierdută în rezistenţele circuitului. Puterea activă în circuit este dată de integrala :

$$P_w = \frac{1}{\pi}\int_{\omega t_1}^{\omega t_2} U_m \sin\omega t\, i_a\, \mathrm{d}\omega t \quad (26)$$

a cărei soluţie este :

$$P_w = \frac{U_m I_{km}}{2\pi}\left\{\tau\cos\varphi_k - \frac{1}{2}\sin(2\omega t_2 + \varphi_k) + \right.$$

$$+ \frac{1}{2}\sin(2\omega t_1 + \varphi_k) + 2\beta\left[\cos(\omega t_2 + \right.$$

$$\left.\left. + \varphi_k) - \cos(\omega t_1 + \varphi_k)\right]\right\} \quad (27)$$

Dacă expresia (27) se împarte cu puterea ideală de scurtcircuit, ca şi în cazul precedent, se obţine un factor nedimensional :

$$P_w = \frac{\sin\varphi_k}{\pi}\left\{\tau\cos\varphi_k - \frac{1}{2}\sin(2\omega t_2 + \varphi_k) + \right.$$

$$+ \frac{1}{2}\sin(2\omega t_1 + \varphi_k) + 2\beta\left[\cos(2\omega t_2 + \right.$$

$$\left.\left. + \varphi_k - \cos(\omega t_1 + \varphi_k)\right]\right\} \quad (28)$$

Cu ajutorul expresiilor (24) şi (27) se poate calcula puterea activă pierdută în rezistenţele circuitului, din relaţia :

$$P_R = P_w - P_a \tag{29}$$

Valoarea eficace a curentului din circuit

Conform definiţiei este dată de integrala :

$$I_a = \sqrt{\frac{1}{\pi}\int_{\omega t_1}^{\omega t_2} i_a^2 \, d\omega t} \tag{30}$$

Pentru simplificare se preferă însă determinarea valorii curentului din :

$$I_a = \sqrt{\frac{P_R}{R}} \tag{31}$$

folosind pentru aceasta valoarea P_R calculată cu relaţia (29).

Puterea deformantă şi factorul de putere deformant

Arcul electric de curent alternativ este un element deformant. În capitolele anterioare s-a arătat că atît curentul, cît mai ales tensiunea la bornele arcului diferă de forma sinusoidală. Această deformare duce la apariţia în circuit a unei puteri deformante. Puterea aparentă la bornele arcului :

$$S_a = U_{a\,ef} \, I_a \tag{32}$$

ce se poate calcula cu ajutorul expresiilor (19) şi (31), este totdeauna mai mare decît puterea utilă în arc determinată din expresia (24). Puterea deformantă la bornele arcului rezultă din :

$$D_a = \sqrt{S_a^2 - P_a^2} \tag{33}$$

Factorul de putere al arcului, care este un factor de putere deformant, se determină din :

$$\cos \varphi_a = \frac{P_a}{S_a}. \tag{34}$$

Deoarece în calculul puterii deformante intră U_{aef}, a cărui valoare este mult influenţată de momentul amorsării şi de factorul β, în general determinarea puterii deformante din indicaţiile instrumentelor de măsură pe baza relaţiilor de mai sus, poate duce la erori considerabile. Din această cauză se preferă totdeauna determinarea puterii deformante dintr-o analiză armonică a curbelor de tensiune şi curent ridicate pentru cazul studiat.

Puterea deformantă a arcului nu apare integral în reţea din cauza bobinei de şoc. În reţea curba tensiunii nu mai este în general deformată aşa încît puterea deformantă se datoreşte numai armonicelor de curent care sînt în general mici. Puterea deformantă poate fi redusă printr-o alegere judicioasă a parametrilor circuitului şi a condiţiilor de ardere ale arcului; în cazul arcului studiat ea nu poate fi însă total înlăturată.

Puterea reactivă şi factorul de putere inductiv

Din cauza bobinei de şoc şi a amorsării artificiale, curentul în circuit apare totdeauna defazat în urma tensiunii. În circuit apare o putere reactivă care se defineşte ca fiind :

$$Q_l = U_{ef} \, I_a \sin \varphi_l \tag{35}$$

Valoarea factorului de putere inductiv depinde de valoarea rezistenţei arcului :

$$R_a = \frac{U_a}{I_a} \tag{36}$$

şi de valoarea reactanţei bobinei de şoc $L\omega$, este însă influenţat şi de momentul de amorsare întrucît acesta determină defazajul între tensiune şi curent. Dacă se notează :

$$Z = \sqrt{(R_a)^2 + (L\,\omega)^2} \tag{37}$$

impedanţa circuitului electric inclusiv arcul şi se ţine seama de faptul că arcul electric este o rezistenţă ohmică pură, factorul de putere inductiv al circuitului este

$$\cos \varphi_l = \frac{R_a}{Z} \tag{38}$$

egal totodată cu raportul tensiunilor eficace ale arcului şi sursei

$$\cos \varphi_l = \frac{U_a}{U_{ef}} = \frac{U_a}{U_m}\sqrt{2}\,. \tag{39}$$

Cum raportul :

$$\frac{U_a}{U_m} = \beta$$

rezultă că

$$\cos \varphi_l = \sqrt{2}\,\beta \tag{40}$$

adică factorul de putere inductiv al circuitului depinde direct şi numai de parametrul β. β variază în funcţie de ωt_1 după relaţia (16), avînd pe τ şi φ_k ca parametri. Rezultă că factorul de putere inductiv variază în funcţie

de ωt_1, luînd în considerare parametrii φ_k şi τ după aceeaşi lege. Avem deci:

$$\cos \varphi_l = 0{,}9 \sin (\omega t_1 - \varphi_\kappa) \qquad (41)$$

pentru $\tau = \pi$

Relaţia (41) este reprezentată în fig. 11 inclusiv condiţia limită

$$\cos \varphi_l = \sqrt{2} \sin \omega t_1$$

impusă de către condiţia de amorsare. De aci se vede că realizarea unui factor de putere bun

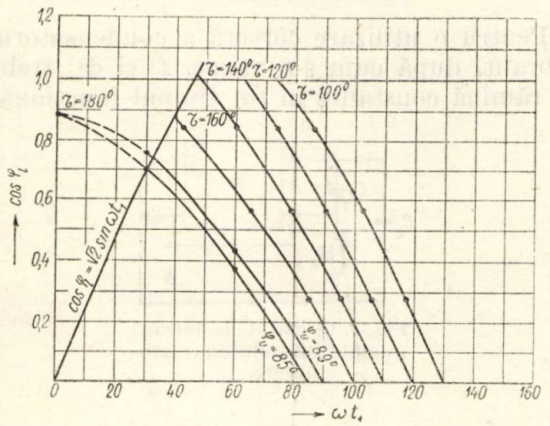


Fig. 11. $\cos \varphi_l = f(\omega t_1)$. Parametru τ, constantă $\varphi_u = 89°$.

într-un circuit conţinînd un arc electric este numai chestiune de o alegere judicioasă a parametrilor. In realitate factorul de putere inductiv este limitat şi de condiţia de stabilitate care impune pentru bobina de şoc o anumită valoare minimă în raport cu rezistenţa arcului.

Puterea aparentă a circuitului şi factorul de putere general

Conform definiţiei puterea aparentă a circuitului este:

$$S_g = U_{ef} I_a \qquad (42)$$

sau ţinînd seama de faptul că circuitul electric funcţionează în regim deformant [6]:

$$S_g = \sqrt{P_w^2 + Q_l^2 + D_R^2} \qquad (43)$$

unde D_R este puterea deformantă în reţea şi poate fi calculată cu suficientă aproximaţie din relaţia

$$D_R = U_{ef} \sqrt{I_a^2 - I_1^2} \qquad (44)$$

I_1 fiind valoarea eficace a fundamentalei curentului.

Factorul de putere general propriu instalaţiei şi care se resimte în reţea este:

$$\cos \varphi_g = \frac{P_a}{\sqrt{P_w^2 + Q_e^2 + D_R^2}} \qquad (45)$$

Pentru $\tau = \pi$, situaţia cea mai des întîlnită, D_R poate fi neglijat astfel că:

$$\cos \varphi_g \simeq \cos \varphi_l$$

Concluzii

Expresiile mărimilor electrice uzuale care au fost determinate pentru cazul special în care circuitul conţine un arc electric deionizat, au fost determinate astfel încît să poată fi utilizate în practica curentă. Rezultatele indicate sînt exacte, din această cauză uneori forma lor este mai complexă. La o analiză mai atentă se poate observa că pentru anumite domenii de lucru rezultatele mai pot fi încă simplificate. Calculele expuse îşi au aplicativitatea în tote cazurile în care un arc electric de curent alternativ monofazat este nevoit a fi întreţinut pe seama unei amorsări artificiale la fiecare semiperioadă.

În literatura de specialitate nu s-a găsit ceva similar, astfel încît din acest punct de vedere articolul aduce o contribuţie originală a autorilor la rezolvarea acestei probleme.

BIBLIOGRAFIE

[1] KLUSS E.: *Einführung in die Probleme des Lichtbogen- und wiederstandsofens.* Springer, Berlin, 1951.
[2] HORT W.: *Technische Schwingungslehre.* Springer, Berlin, 1929.
[3] BRAHY M.: *Calcul integral.* Gauthier-Villars, Paris, 1927.
[4] KIEPERT L.: *Grundriss der Integralrechnung.* Hanover, 1920.
[5] *** *Westinghouse industrial electronics reference book.* Mc-Graw-Hill, New-York, 1948.
[6] ANTONIU I. S.: *Chestiuni speciale de electrotehnică.* Ed. Academiei R.P.R., Bucureşti.
[7] KAPŢOV N. A.: *Fenomene electrice în gaze şi vid.* Ed. Tehnică, Bucureşti, 1955.

HARRY HERŞCOVICI şi LEON BOROCIN*)

Condensatorul vibrant şi utilizarea lui în electrometrie

CZ 621.317.311:621.319.4-26

În diferite domenii ale fizicii experimentale şi ale tehnicii măsurărilor, se pune adesea problema măsurării unor curenţi continui foarte mici, de ordinul 10^{-10} — 10^{-15}A. Amplificatorii de curent continuu prezintă dezavantajul cunoscut al deplasării punctului de zero, ceea ce limitează domeniul lor de utilizare pînă la curenţi de ordinul a 10^{-13} A. În aceste condiţii, este convenabilă transformarea prealabilă a mărimilor continue ce trebuie măsurate în tensiuni alternative care pot fi amplificate cu uşurinţă. Unul din procedeele utilizate în acest scop este cel al modulării tensiunii prin variaţia pe cale mecanică a capacităţii unui condensator. Datorită variaţiei lente a diferenţei de potenţial între armături, apare şi în acest caz o derivă de zero care poate fi făcută însă mai mică decît cea a unui amplificator de curent continuu. Rezistenţa de intrare a condensatorului vibrant este foarte mare, fiind limitată numai de posibilităţile de izolaţie, spre deosebire de amplificatorul de curent continuu a cărui rezistenţă de intrare este limitată de curentul de grilă al tubului electrometru utilizat. În cele ce urmează se va expune principiul de funcţionare şi se va descrie un condensator vibrant realizat în ICET.

Principiul de funcţionare

Condensatorul vibrant este compus din două armături plane de suprafaţă cca. 10 cm², dintre care una este fixă, iar cealaltă în permanentă vibraţie în direcţie perpendiculară pe planul condensatorului format. Dacă pe armături se află o sarcină electrică, energia mecanică de vibraţie este transformată în energie electrică, într-un semnal de curent alternativ proporţional cu sarcina.

Dacă o sarcină Q încarcă o capacitate C, diferenţa de potenţial ce se stabileşte la bornele acesteia este definită de relaţia:

$$V = \frac{Q}{C} \tag{1}$$

Dacă C suferă o variaţie dC, V va suferi de asemenea o variaţie dV astfel ca

$$\frac{dV}{V} = -\frac{dC}{C} \tag{2}$$

La o variaţie periodică a lui C, se va obţine de asemenea o variaţie periodică a diferenţei de potenţial V, variaţie a cărei amplitudine constantă, în cazul unui C static constant, va depinde de sarcina Q.

Se numeşte randament de conversie η_c raportul:

$$\eta_c = \frac{\text{tensiune alternativă eficace pe condensator}}{\text{tensiune continuă pe condensator}}$$

Pentru o utilizare corectă a condensatorului vibrant, după cum s-a văzut, C şi dC trebuie să rămînă constante în tot timpul funcţionării,

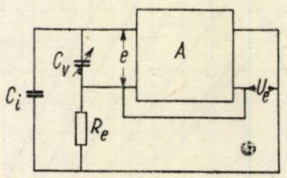


Fig. 1. Circuitul de intrare a amplificatorului cu reacţie negativă.

sau eventual, schema de măsură să fie astfel constituită încît să nu depindă de aceşti parametri. Acest lucru se realizează printr-o schemă cu reacţie negativă (fig. 1).

Dacă R_e este rezistenţa de reacţie şi C_i — capacitatea circuitului exterior, cantitatea de sarcini Q_v ce se găsesc pe C_v din sarcina totală Q_t a sistemului este:

$$Q_c = Q_t \frac{C_v}{C_v + C_i} \tag{3}$$

Ca o consecinţă a sarcinii Q_t, la bornele R_e apare o tensiune U_e care produce la rîndul ei o sarcină electrică pe capacităţile C_i şi C_v în serie:

$$Q_e = U_e \frac{C_v C_i}{C_v + C_i} \tag{4}$$

Sarcina totală a condensatorului dinamic va fi:

$$Q = Q_v + Q_e = \frac{C_v C_i}{C_v + C_i} \cdot (Q_t + U_e C_i) \tag{5}$$

Prin definiţie avem şi

$$U_e = -A_e = -A \cdot \frac{Q}{C_v} \tag{6}$$

unde semnul minus e datorit reacţiei negative.

Din (5) şi (6) se obţine

$$U_e = -\frac{A}{A+1} \cdot \frac{Q_t}{C_i + \frac{C_v}{1+A}} \tag{7}$$

relaţie care arată că tensiunea de ieşire a amplificatorului cu reacţie negativă totală este

*) Ing. H. HERŞCOVICI este şef de laborator şi ing. L. BOROCIN cercetător la Institutul de cercetări electrotehnice.

dependentă linear de sarcina introdusă în sistem şi practic independentă de amplificarea A (amplificare ce include şi randamentul de conversie al condensatorului), deoarece pentru valori deajuns de mari A, avem :

$$\frac{A}{A+1} \simeq 1 \text{ şi } \frac{C_v}{1+A} \ll C_i$$

deci :

$$U_e \simeq -\frac{Q_i}{C_i} \simeq -U_i \tag{8}$$

Din (5) şi (6), rezolvînd în raport cu Q_v se obţine :

$$Q_i = Q_t \frac{\frac{C_v}{1+A}}{C_i + \frac{C_v}{1+A}} \tag{9}$$

relaţie care arată că sarcina Q_t se împarte între capacitatea de intrare şi condensatorul vibrant ca şi cum C_v ar fi micşorat de $(1 + A)$ ori. Acesta este un alt efect al reacţiei negative.

Pentru a vedea efectul variaţiei randamentului şi amplificării asupra tensiunii de ieşire derivăm relaţia (7) în raport cu A

$$\frac{dU_e}{dA} = \frac{-Q_t(C_v + C_i)}{[C_v + (1+A)\cdot C_i]^2}$$

şi apoi împărţim cu U_e din aceeaşi relaţie. Se obţine

$$\frac{dU_e}{U_e} = \frac{dA}{A} \cdot \frac{1}{1+A} \cdot \frac{C_i + C_v}{C_i + \frac{C_v}{1+A}} \tag{10}$$

adică

$$\Delta U_e = \frac{\Delta A}{1+A} \cdot \left[1 + \frac{C_v}{C_i}\right] \tag{11}$$

ceea ce arată că stabilitatea schemei la variaţiile randamentului şi amplificării va fi cu atît mai bună cu cît cîştigul amplificatorului de c.c. în buclă deschisă va fi mai mare.

Faţă de cele spuse pînă acum trebuie să facem unele corecţii dictate de practică. Şi anume (fig. 2) trebuie împiedicată influenţa capaci-

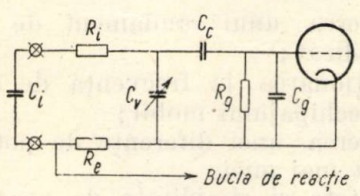


Fig. 2. Schema reală a circuitului de intrare a amplificatorului.

tăţii sursei de măsurat asupra randamentului de conversie (care se manifestă prin mărirea capacităţii fixe în raport cu cea în vibraţie) şi totodată trebuie împiedicat efectul tensiunii continue de intrare asupra circuitului de grilă al tubului şi efectul capacităţii de intrare a tubului asupra randamentului de conversie.

Primul inconvenient se evită înseriind la borna de intrare o rezistenţă R_i astfel ca

$$R_i \gg \frac{1}{C_i\,\omega} \tag{12}$$

Ultimele două se evită cu ajutorul condensatorului de cuplaj C_c. Acesta are o valoare comparabilă cu C_v. Faptul că este înseriat cu C_g face să scadă efectul de şuntare al acestuia asupra lui C_v.

În ceea ce priveşte rezistenţa de grilă a tubului, ea trebuie, firesc, să satisfacă relaţia :

$$R_e \gg \frac{1}{C_c\,\omega} \tag{13}$$

Capacitatea C_c măreşte şi capacitatea de intrare a condensatorului vibrant. Datorită însă reacţiei negative, şi această componentă este micşorată în raportul $1/(1 + A)$, astfel că de fapt singura capacitate care contează în sistem este capacitatea sursei ce produce sarcina.

Din cele de mai sus se întrevede faptul că randamentul de conversie al condensatorului depinde de o serie întreagă de parametri. Un calcul mai precis arată că această dependenţă se exprimă prin :

$$\eta_{ic} = \frac{b}{\sqrt{2}\,a} \cdot C_o\,C_c\,Z_g\,\omega \frac{1}{(C_o C_c Z_g \omega)^2 + (C_c + C_o)^2} \tag{14}$$

unde b este amplitudinea de vibraţie a armăturii mobile în mm ; a — distanţa între armăturile în repaos în mm ; C_o — capacitatea statică a condensatorului în F :

$$C_o = \frac{S}{4\pi\,a} \cdot \frac{1}{9 \cdot 10^{10}},$$

Z_g — impedanţa de intrare a circuitului de grilă la frecvenţa de vibraţie a condensatorului $f = \frac{\omega}{2\pi}$; C_c — capacitatea de cuplaj.

Studiul relaţiei (14) arată că pentru $Z_g \to \infty$ se obţine situaţia optimă :

$$\eta_{ic\infty} = \frac{b}{\sqrt{2}\cdot a} \tag{15}$$

de asemenea că η_{ic} este funcţie în afară de Z_g şi de suprafaţa armăturilor cît şi de frecvenţa de vibraţie.

Practic, raportul $\frac{b}{a}$ poate fi cel mult 0,3, deci, randamentul de conversie al unui condensator vibrant este cca. 20%.

Studiul derivei şi al agenţilor perturbatori

1. Una din limitările de sensibilitate a electrometrului cu condensator vibrant este şi deriva de zero. Evident, această derivă, care se produce

în timp, poate limita aparatul la o sensibilitate în cazul unor timpi de lucru scurţi şi la o altă sensibilitate în cazul unor timpi de lucru lungi.

Deriva produsă de condensatorul vibrant este cauzată de diferenţa potenţialelor de contact ale celor două armături. Dacă un condensator format din două armături din metale diferite este scurtcircuitat, pe armăturile sale apare o sarcină electrică, a cărei valoare depinde numai de natura materialului feţelor ce vin în contact cu dielectricul. Mărimea sa este egală cu diferenţa potenţialului de extracţie al celor două suprafeţe şi poate atinge valori de ordinul zecilor de mV chiar şi în cazul cînd cele două armături sînt executate din acelaşi material.

Potenţialul de contact nu se menţine constant în timp. El variază atît datorită fenomenelor de suprafaţă (oxidare, absorbţie, necurăţenie, etc.) cît şi datorită variaţiilor de temperatură. Tocmai această proprietate a diferenţei de potenţial de contact este dăunătoare.

S-a constatat că se pot obţine rezultate foarte bune în ceea ce priveşte variaţia potenţialului de contact, executînd ambele armături din acelaşi eşantion de metal (desigur dintr-un metal inoxidabil), sau acoperind suprafeţele armăturilor cu un strat de aur sau rhodiu.

Folosind armături din oţel inoxidabil,M. BRIÈRE şi J. WEILL [1] au obţinut o diferenţă de potenţial de contact de ordinul 1 mV şi o derivă de 0,1—0,5 mV/24 ore şi în cazuri excepţionale chiar mai mică de 0,1 mV.

Rezultatele lui H. PALEVSKY, R. SWANK şi R. GRENCHIK [2] folosind procedeul auririi şi al închiderii ermetice a condensatorului într-o atmosferă de gaz inert (argon) au fost în mod curent sub 0,1 mV/24 ore.

Pentru a obţine rezultate bune, se recomandă proiectarea condensatorului astfel încît să necesite minimum de manoperă pentru montare. De asemenea, este indicată montarea în prealabil a unor piese de probă pentru a verifica ansamblul şi a căpăta dexteritatea necesară şi abia apoi montarea pieselor finale.

După aurire şi montare, potenţialul de contact variază la început repede iar apoi se apropie de o limită. Oscilografiind unda generată de condensator cu intrarea în scurtcircuit se poate deduce gradul de curăţenie a suprafeţelor.

În cazul defavorabil, forma de undă apare zimţată. Dacă aceste vîrfuri sînt mai mici de 0,5 mV (vîrf la vîrf) şi dacă potenţialul de contact este mai mic de 60 mV imediat după asamblare, elementele condensatorului se pot considera satisfăcătoare.

2. Deriva de zero este influenţată şi de către cîmpurile parazite de curent continuu din interiorul condensatorului. Cel mai important dintre acestea este cel ce poate fi generat de izolatorul armăturii fixe. Din cauza izolaţiei sale foarte înalte, pe suprafaţa sa pot apare sarcini electrice care să influenţeze armăturile condensatorului. De aceea, izolatorul trebuie ecranat de armături şi aceasta cu atît mai multă grijă cu cît existenţa unui astfel de ecran, prost plasat, poate mări capacităţile parazite şi scădea randamentul de conversie.

3. O sursă perturbatoare în condensatorul vibrant o constituie şi curenţii de scurgere prin izolaţie. Tensiunile electrice sau mecanice care se aplică pe izolator provoacă curenţi electrici care persistă un timp şi după îndepărtarea tensiunii şi a căror valoare depinde de forma şi natura izolantului. Dintre diferitele materiale, polistirenul şi chihlimbarul dau rezultatele cele mai bune, fiind foarte bune izolante cu o foarte mică higroscopicitate. Izolatorul trebuie foarte bine lustruit şi curăţat, iar schema utilizată este foarte indicat să fie prevăzută cu reacţie negativă pentru ca astfel, numai o foarte mică parte din tensiunea de măsură să se aplice pe izolator.

4. Alte fenomene perturbatoare ce trebuie semnalate sînt : efectul microfonic exercitat de condensator asupra primului tub electronic, inducţia electromagnetică parazită, colectarea de ioni în interiorul condensatorului.

Primele efecte se anihilează prin metodele cunoscute : montaj antimicrofonic şi ecranări corespunzătoare. Evitarea ionizării produse de radiaţiile cosmice se face prin construirea condensatorului cu un volum cît mai mic şi micşorarea cîmpurilor de curent continuu din interior (de pildă prin aurirea tuturor pieselor condensatorului).

Realizare practică

În Institutul de cercetări electrotehnice s-a realizat un condensator vibrant pentru un electrometru electronic. La baza proiectării condensatorului vibrant au stat următoarele deziderate :

a) obţinerea unei impedanţe de intrare cît mai mari ;

b) obţinerea unei frecvenţe de vibraţie cît mai ridicate pentru micşorarea zgomotului de fond ;

c) obţinerea unui randament de conversie cît mai ridicat ;

d) funcţionarea la frecvenţa de rezonanţă proprie a echipajului mobil ;

e) obţinerea unei diferenţe de potenţial de contact cît mai mici ;

f) robusteţe şi simplitate de execuţie.

In fig. 3 se arată o secţiune prin condensatorul vibrant construit de noi.

Pentru realizarea unei rezistenţe foarte mari de intrare, este necesară o cît mai bună izolare între cei doi electrozi ai condensatorului. S-a realizat aceasta folosind ca material polistirenul şi, în plus, construind izolatorul de o

formă specială (cu rile), ceea ce permite menţinerea unei izolaţii superficiale foarte mari chiar şi într-o atmosferă umedă.

Izolatorul este ecranat de incinta condensatorului vibrant propriu-zis. Interiorul izolatorului este găurit pentru a permite montarea

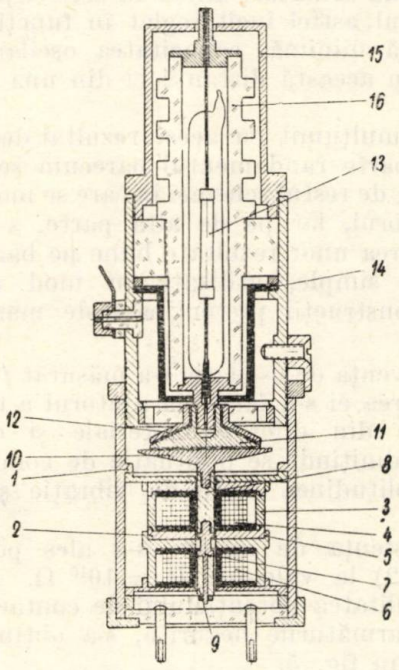


Fig. 3. Condensator vibrant:
1 — cilindru suport; *2* — piese polare; *3* — piesa de reluctanţă; *4* — bobina de antrenare; *5* — manşon; *6* — bobina de reacţie; *7* — piesa de legătură; *8* — armătura I; *9* — armătura II; *10* — electrod mobil; *11* — electrod fix; *12* — electrod de cuplaj; *13* — rezistenţă; *14* — ecran; *15* — capac de fixare; *16* — izolator; *17* — bornă.

rezistenţei de intrare a condensatorului. Această rezistenţă fiind montată într-un tub de sticlă vidat, are o dimensiune relativ mare şi ca atare a determinat şi lungimea izolatorului cu rile.

Armătura fixă *11* a condensatorului are o formă tronconică pentru a-i micşora capacitatea faţă de cutie (capacitate parazită). Ea e introdusă cu partea conică într-o altă piesă tronconică *12* care îndeplineşte funcţia de a doua armătură a condensatorului de cuplaj. Această piesă e fixată în poziţia corespunzătoare cu ajutorul izolatorului de polistiren *13*. Un fir de cupru leagă piesa *12* de borna *17*, bornă la care se face cuplajul cu amplificatorul de curent alternativ.

Armătura mobilă *10* a condensatorului are de asemenea o formă tronconică pentru a-i da rezistenţă mecanică la o greutate cît mai mică. Diametrul ei este ceva mai mare ca al armăturii fixe pentru a colecta toate liniile de forţă electrice ale acesteia şi a micşora astfel capacităţile parazite. Armătura *10* împreună cu piesele feromagnetice *8*, *9* şi cu distanţorul de alamă *7* formează echipajul mobil al condensatorului. Acest echipaj este fixat elastic cu ajutorul a două membrane de bronz fosforos cu o grosime de 0,3 mm.

Dispozitivul de antrenare a echipajului mobil este format din bobinele *4* (bobina de antrenare) şi *6* (bobina de reacţie).

Intreg ansamblul ce formează dispozitivul de antrenare, inclusiv armătura mobilă, este montat într-o cutie cilindrică, în timp ce armătura fixă împreună cu izolatorul şi celelalte piese dependente se află într-o a doua cutie cilindrică, astfel că acestea două, prin înşurubare, pot permite reglarea distanţei între armăturile condensatorului la valoarea dorită.

Construcţia adoptată de noi pentru condensatorul vibrant foloseşte rezultatele cercetărilor anterioare, descrise în literatură, adoptînd în plus unele elemente originale ca dispozitivul de antrenare, condensatorul de cuplaj, izolatorul cu rile etc. Astfel construit, condensatorul vibrant este o piesă robustă, perfect independentă de fenomenele electrice exterioare parazitare, cu o foarte mare impedanţă de intrare, cu capacităţi parazite minime.

Metoda punerii în vibraţie

Principiul punerii în vibraţie a echipajului mobil este următorul:

Se trece prin ambele bobine un curent continuu care magnetizează piesele magnetice *9* şi *8*. Bobinei de antrenare *4*, i se aplică în plus şi o tensiune alternativă care aduce în stare de vibraţie echipajul mobil. Piesa magnet *9* deplasîndu-se în interiorul bobinei *6* (de reacţie) induce în aceasta o f.e.m. de frecvenţă egală cu frecvenţa de vibraţie. Dacă această tensiune e introdusă la intrarea unui amplificator electronic (cu cîştig suficient) în timp ce ieşirea acestuia se conectează la bornele bobinei de antrenare, întregul sistem mecano-electric va intra în oscilaţie. Evident, frecvenţa va fi determinată de echipajul mobil, deci sistemul va oscila pe frecvenţa de rezonanţă proprie a sistemului mecanic. În felul acesta, pe de o parte, se obţin amplitudini mari cu puteri mici şi pe de altă parte se asigură o stabilitate a frecvenţei şi o curbă de selectivitate foarte bune.

Componenta de curent continuu prin bobina de antrenare are şi rolul de a produce vibraţia echipajului pe aceeaşi frecvenţă cu oscilatorul şi nu pe frecvenţă dublă. Fără această componentă, sistemul n-ar intra în oscilaţie; în schimb amplitudinea oscilaţiilor depinde de mărimea acestei componente.

Măsurători asupra condensatorului vibrant

1. Măsurarea capacităţilor statice ale condensatorului vibrant s-a făcut cu o punte electronică obişnuită. În figura 4, este arătată

schema echivalentă a condensatorului, neglijînd rezistenţele izolaţiei ca fiind considerate foarte mari şi eliminînd rezistenţa de intrare.

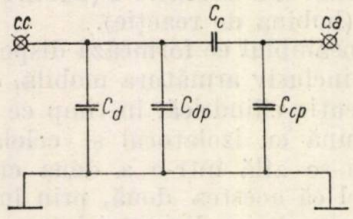


Fig. 4. Schema echivalentă a condensatorului vibrant.

Cu ajutorul măsurătorilor, făcînd calculele necesare, găsim :

$$C_d = 21 \text{ pF} \qquad C_c = 11{,}6 \text{ pF}$$
$$C_{dp} = 0{,}5 \text{ pF} \qquad C_{cp} = 5 \text{ pF}$$

2. Din fig. 4 se poate deduce acum valoarea randamentului de conversie efectiv la bornele de intrare ale amplificatorului :

$$\eta_c' = \frac{b}{\sqrt{2}\,a} \cdot \frac{C_d}{C_d + C_{dp} + \dfrac{C_c(C_{cp} + C_e)}{C_c + C_{cp} + C_e}} \cdot \frac{C_c}{C_c + C_{cp} + C_e} \quad (16)$$

unde C_e este suma tuturor capacităţilor exterioare ale condensatorului (capacitatea conductorului, capacitatea de intrare a amplificatorului etc.).

Dacă $C_{dp} \ll C_d$, prin transformări succesive (10) devine :

$$\eta_c' = \frac{b}{\sqrt{2}\,a} \cdot \frac{1}{1 + (C_{cp} + C_e) \cdot \left(\dfrac{1}{C_c} + \dfrac{1}{C_d}\right)} \quad (17)$$

Practic s-a constatat că raportul b/a maxim poate atinge valoarea 1/3. Luînd acoperitor acest raport 1/4 şi considerînd $C_e = 10$ pF, din relaţia (17) obţinem :

$$\eta_c' = 6\,\%$$

Randamentul de conversie al condensatorului propriu-zis va fi :

$$\eta_i = \eta_c' \frac{C_c + C_{cp} + C_e}{C_c} \cong 14\,\%$$

Experimental s-a găsit :

$$\eta_c' = 3\,\% \qquad \eta_c = 7\,\%$$

Necorespondenţa rezultatelor se datorează în mare parte execuţiei fără precauţiuni speciale a pieselor condensatorului, în sensul că cele două armături diferă în ceea ce priveşte paralelismul, astfel încît reglat în funcţionarea la distanţă minimă, capacitatea oscilantă nu rezultă din această distanţă ci din una medie, mai mare.

Ne-am mulţumit cu acest rezultat deoarece, pe de o parte randamentul oarecum scăzut e compensat de restul schemei în care se montează condensatorul, iar pe de altă parte, s-a căutat obţinerea unor rezultate bune pe baza unei tehnologii simple, utilizate în mod curent, evitînd construcţii pretenţioase de mare precizie.

3. Frecvenţa de oscilaţie s-a măsurat $f = 370$ Hz. Alegerea ei s-a făcut cu ajutorul a diferite membrane din diferite materiale şi diferite grosimi, admiţîndu-se o situaţie de compromis între amplitudinea mare de vibraţie şi frecvenţă.

4. Rezistenţa de intrare s-a ales pe baza relaţiei (12) la valoarea $R_i = 10^{10}\ \Omega$.

5. Stabilitatea potenţialului de contact. Măsurat cu armăturile neaurite, s-a obţinut rezultatul din fig. 5.

Se constată că pentru θ = const. potenţialul de contact s-a menţinut constant timp de cca. 4 ore , variaţiile datorate zgomotelor menţinîndu-se la ± 0,05 mV. Pentru variaţii ale temperaturii cu 2,5°C se constată o derivă de aprox. 0,25 mV adică de 0,1 mV/°C.

În prezent se fac studii pentru micşorarea derivei, aurind plăcile condensatorului.

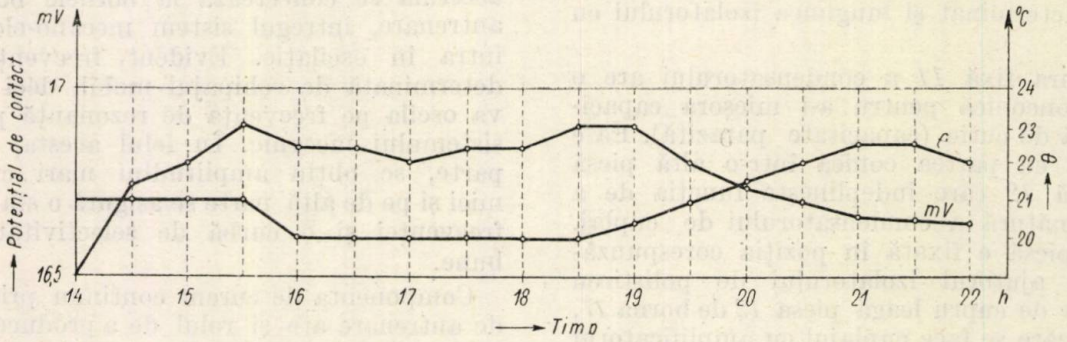


Fig. 5. Variaţia potenţialului de contact în timp (cu indicarea temperaturii).

Utilizări

Condensatorul vibrant se utilizează tot mai des în electrometrie. Semnalul de curent alternativ generat este amplificat cu ajutorul unui amplificator de curent alternativ, care permite obţinerea unor amplificări oricît de mari. Spre deosebire de electrometrele cu tub

electrometric, electrometrele cu condensator vibrant au derivă de zero mai mică, rezistenţă de intrare mai mare şi nu sînt sensibile la perturbaţii electromagnetice.

Printr-o proiectare judicioasă, sensibilitatea electrometrului poate fi limitată la ni-

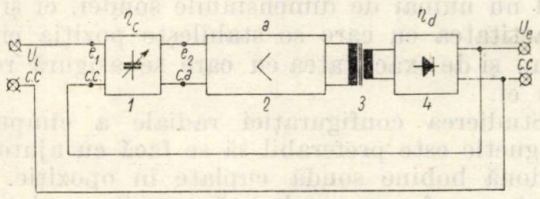


Fig. 6. Schema bloc a electrometrului electronic.

velul zgomotului din circuitul de intrare. Deriva de zero depinde în acest caz numai de variaţia potenţialului de contact pe suprafeţele condensatorului. Deriva nu este influenţată de variaţiile amplificării sau ale tensiunii de alimentare. Odată montat şi reglat condensatorul nu mai necesită nici un fel de reglaje ulterioare.

Condensatorul vibrant descris mai sus a fost utilizat într-un electrometru electronic (3) a cărui schemă bloc se poate vedea în fig. 6.

Pentru a obţine impedanţe de intrare mari, s-a utilizat o reacţie negativă pe două etaje. Ca tub de intrare a fost folosit tubul EF 86 caracterizat prin zgomot mic în joasă frecvenţă şi prin construcţie antimicrofonică.

Pentru detecţia semnalului de ieşire al amplificatorului s-a utilizat un detector sensibil la fază. Aceasta îmbunătăţeşte raportul semnal zgomot, evită autooscilaţia sistemului şi dă posibilitatea măsurării atît a tensiunilor pozitive cît şi a celor negative.

Electrometrul a fost construit pentru a măsura curentul dat de o cameră de ionizare, dar poate fi utilizat pentru diverse măsurători industriale sau de laborator (de exemplu poate fi adaptat pentru măsurarea pH-ului în industria chimică).

Din punct de vedere constructiv, condensatorul vibrant şi preamplificatorul constituie un bloc separat de restul aparatului, permiţînd efectuarea măsurătorilor în diferite puncte tehnologice în care o aparatură de dimensiuni mari ar fi nepotrivită.

BIBLIOGRAFIE

[1] BRIÈRE M., WEILL J.: *L'électromètre à condensateur vibrant.* Le Journal de Physique et le Radium (1955) Août–Sept., 695–703.

[2] PALEVSKI H., SWANK R. K., GRENCHIK R.: *Design of dynamic condenser electrometers.* The Review of Scientific Instruments (1947) May, 298–314.

[3] HERŞCOVICI H., BOLOCIN L.: *Electrometru electronic cu condensator vibrant.* Comunicare la cea de a II-a sesiune de comunicări ştiinţifice ICET, Bucureşti, mai, 1959

G. INDREAŞ, A A. OGNEV şi V.A. SCEGOLEV *)

Măsurători magnetice asupra ciclotronului

CZ 621.384.611 :621.317.4

Cîmpul în întrefierul circuitului magnetic al unui ciclotron trebuie să îndeplinească o serie întreagă de condiţii. Astfel, considerentele legate de focalizarea fasciculului de ioni impun un cîmp magnetic descrescător către periferia întrefierului. Gradientul relativ $\left[-\frac{\mathrm{d} \ln H}{\mathrm{d} \ln r} \right]$ de configuraţie dorită se realizează prin „şimuire“ [1]). O altă cerinţă impusă cîmpului magnetic este omogenitatea azimutală care se realizează prin folosirea materialelor magnetice de calitate — în special în piesele polare — şi prin precizia execuţiei şi montajului întregului circuit magnetic. Eventualele neomogenităţi locale se corectează de asemenea cu ajutorul „şimurilor“.

Realizarea cîmpului magnetic de formă dorită, determinarea şi corectarea neomogenităţilor necesită efectuarea de măsurători magnetice foarte migăloase şi precise.

În cele ce urmează de descriu o serie de metode curente pentru măsurarea cîmpului magnetic al acceleratoarelor şi se face analiza loc critică.

Complexul de măsurători magnetice

De obicei întregul complex de măsurători magnetice se începe cu ridicarea curbei de magnetizare $B = f(I)$. În acest scop se măsoară cîmpul magnetic în centrul întrefierului pentru diferite valori ale curentului din înfăşurarea principală.

Următoarea şi cea mai laborioasă etapă este realizarea configuraţiei radiale dorite a cîmpului magnetic, adică dependenţa $H = f(r)$ pentru φ = const (caracterul acestei funcţii se predetermină prin calcul).

*) G. INDREAŞ, A. A. OGNEV şi V. A. SCEGOLEV lucrează în cadrul Institutului Unificat de Cercetări Nucleare (Dubna–U.R.S.S.).

[1]) Prin şimuire se înţelege realizarea distribuţiei spaţiale dorite a cîmpului magnetic din întrefierul unui electromagnet prin introducerea în acest întrefier (de obicei aplicate pe feţele pieselor polare) a unor plăci de fier de diferite forme şi dimensiuni (şimuri) (N. Red.).

Funcţia $H=f(r)$ şi valoarea gradientului relativ $\frac{\Delta H(r)}{H_c}$ trebuie să satisfacă următoarele cerinţe :

a) focalizarea obţinută să fie de aşa natură încît dimensiunea fasciculului pe verticală să nu depăşească apertura duanţilor ;

b) gradientul relativ corespunzător razei maxime de accelerare r_{max} trebuie să aibă o astfel de valoare încît pentru o tensiune între duanţi dată, particulele să fie accelerate pînă la energia cerută ;

c) valoarea cîmpului trebuie să scadă brusc pentru $r > r_{max}$ pentru facilitarea extragerii fasciculului din camera de accelerare.

În continuare se trasează dependenţa azimutală a cîmpului magnetic, adică $H = f(\varphi)$ pentru $r = \text{const}$. Caracterul acestei funcţii permite evaluarea amplitudinii oscilaţiilor radiale ale particulelor. În afară de aceasta, trasarea funcţiei $H=f(\varphi)$ şi descompunerea ei în armonici permite detectarea şi aprecierea cantitativă a neomogenităţilor locale ale cîmpului magnetic. În general se corectează prima armonică care contribuie mai substanţial în amplitudinea oscilaţiilor radiale.

În sfîrşit, pentru a cunoaşte comportarea fasciculului de ioni în camera de accelerare, mai trebuie determinată poziţia planului median. Faptul că toate funcţiile de mai sus sînt interdependente — modificarea valorii gradientului relativ duce la modificarea caracterului funcţiei $H = f(\varphi)$ cît şi a poziţiei planului median şi viceversa — justifică complexitatea măsurătorilor magnetice care trebuie efectuate în procesul de şimuire.

Metoda bazată pe fenomenul de inducţie

Cea mai simplă şi accesibilă metodă pentru măsurarea cîmpului magnetic este bazată pe enomenul de inducţie. În acest scop se folosesc bobine calibrate (bobine sondă), care se introduc în cîmpul magnetic studiat. Variaţia fluxului care străbate bobina poate fi realizată în moduri diferite [1]. Soluţia cea mai adecvată în cazul nostru o constituie, fără îndoială, rotirea bobinei sondă în cîmp cu 180°. Curentul indus în circuitul bobinei prin variaţia fluxului magnetic de la $+\Phi$ la $-\Phi$ se măsoară cu ajutorul unui galvanometru balistic. În acest caz variaţia fluxului magnetic care străbate bobina sondă $\Delta\Phi = c\alpha$. Între $\Delta\Phi$ şi cîmpul magnetic există relaţia :

$$H = \frac{\Delta\Phi}{2\mu_0 (SW)}$$

unde : α este indicaţia galvanometrului ; c — constanta balistică a galvanometrului ; (SW) — produsul dintre numărul de spire şi aria medie a unei spire pentru bobina sondă ; μ_0 — permeabilitatea magnetică a vidului.

Valoarea produsului (SW) se determină prin „etalonarea" bobinei sondă într-un cîmp magnetic cunoscut. Pentru efectuarea măsurătorilor într-un cîmp magnetic neomogen, dimensiunile bobinei trebuie să fie cît mai mici, astfel încît sonda să poată fi considerată „punctiformă". Precizia măsurătorilor este influenţată substanţial nu numai de dimensiunile sondei, ci şi de exactitatea cu care se stabileşte poziţia ei în cîmp şi de exactitatea cu care se asigură rotirea ei.

Studierea configuraţiei radiale a cîmpului magnetic este preferabil să se facă cu ajutorul a două bobine sondă cuplate în opoziţie. În acest caz, f.e.m. rezultantă permite evaluarea diferenţei valorilor cîmpurilor magnetice în punctele respective. Măsurarea diferenţei cîmpului magnetic între două puncte şi trasarea configuraţiei radiale a cîmpului cu ajutorul acestei metode diferenţiale se poate efectua pe două căi :

a) rotirea simultană cu 180° a bobinelor sondă cu „bază"[2]) variabilă ; deplasarea radială este posibilă numai pentru o singură bobină ;

b) rotirea simultană cu 180° a bobinelor sondă cu „bază" constantă ; deplasarea radială este posibilă pentru ansamblul bobinelor sondă.

În primul caz, una din bobinele sondă se aşază în centrul geometric al întrefierului, iar a doua bobină se deplasează pe direcţia razei, din centru către periferie. Eroarea datorită inexactităţii poziţionale a bobinei mobile la diferite valori ale razei nu este prea mare. Neajunsul principal constă însă în faptul că pentru valori mari ale „bazei", axul comun al celor două bobine prin rotire se deformează prin torsionare şi unghiul real de rotire al celor două bobine va fi diferit.

În cazul al doilea, măsurătorile se fac pentru o valoare mică şi constantă a „bazei" (4—5 cm) şi prin urmare torsionarea se poate neglija. Precizia cu care se stabileşte poziţia bobinelor de-a lungul razei influenţează simţitor exactitatea măsurătorilor, deoarece în acest caz erorile se adună.

Nu se poate acorda o preferinţă deosebită uneia sau alteia din căile de mai sus, deoarece în ultimă instanţă aceasta depinde de execuţia constructivă a dispozitivului de măsură. Pentru măsurătorile magnetice preliminare la ciclotronul MZI, s-a folosit un dispozitiv cu „bază" constantă. Schema principială a dispozitivului este dată în fig. 1. Rama-suport *3*, pe care este montat dispozitivul de măsură, se ajustează şi se fixează în întrefierul magnetului în aşa fel încît deplasarea bobinelor sondă să se facă în planul median. În acest scop sînt prevăzute patru şuruburi distanţoare *5* şi ştiftul de centrare *4*. Pe ghidajul ramei-suport culisează sania *8*, a cărei poziţie poate fi determinată cu aju-

[2]) Distanţa dintre centrele bobinelor sondă.

torul indicatorului *9* şi al unei rigle gradate. Pe sania *8* se găsesc bobinele sondă *1* şi *2*, fixate pe un ax comun *7* ($2 \times 8\,000$ spire; baza = 4 cm, cuplate în opoziţie). Rotirea cu 180° a bobinelor se face cu ajutorul indusului *6*, ali-

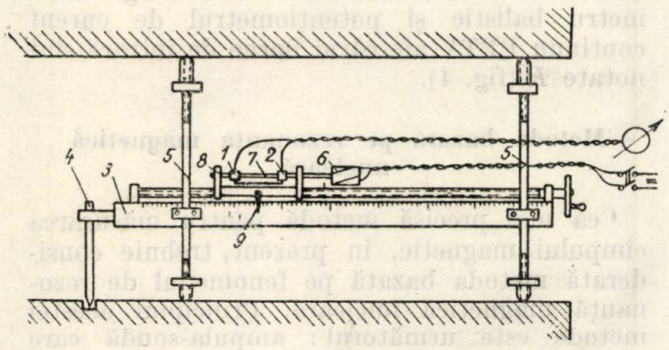


Fig. 1. Schema principială a dispozitivului folosit la măsurătorile magnetice preliminare efectuate la ciclotronul MZI: *1, 2* – bobine sondă; *3* – rama suport; *4* – ştift de centrare; *5* – şuruburi distanţoare; *6* – indus; *7* – ax; *8* – sanie; *9* – indicatorul riglei gradate.

mentat în curent continuu. În măsurătorile efectuate cu ajutorul metodei diferenţiale se poate obţine o sensibilitate de ordinul 0,5 Oe pentru 1 mm al scalei galvanometrului balistic ($d = 1{,}5$ m). Precizia acestor măsurători este în general de ordinul 0,01% din H_0.

Metoda bazată pe efectul Hall

În ultimul timp începe să fie întrebuinţată o nouă metodă de măsurare a cîmpului magnetic, metodă bazată pe efectul Hall. Principiul acestei metode constă în următoarele: dacă o plăcuţă dintr-un material conductor sau semiconductor se introduce în cîmp magnetic, astfel încît cîmpul magnetic să fie îndreptat perpendicular pe planul acesteia şi se trece prin ea curent electric, aşa cum se vede în fig. 2, între feţele laterale ale plăcuţei (în punctele A, B), va apare o f. e. m., a cărei mărime este proporţională cu intensitatea cîmpului magnetic H. Acest fenomen este cunoscut sub denumirea „efect Hall". Expresia analitică pentru mărimea f.e.m. Hall are forma:

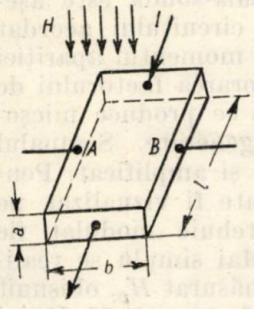


Fig. 2. Principiul unei metode de măsurare a cîmpului magnetic bazată pe efectul Hall.

$$U = R_H \cdot \frac{I \cdot H}{d} C_r$$

unde: R_H este constanta Hall; I – curentul prin plăcuţă; d – grosimea plăcuţei; C_r – coeficientul de corecţie care depinde de raportul dintre lungimea l şi lăţimea b a plăcuţei. $C_r = f(l/b)$ se dă în fig. 3.

Din punct de vedere fizic, acest fenomen poate fi interpretat destul de riguros în felul următor: purtătorii liberi de curent din plăcuţă, care în lipsa cîmpului magnetic s-ar deplasa rectiliniu, sub influenţa cîmpului magnetic vor suferi acţiunea forţelor Lorentziene şi vor fi deviate către feţele laterale ale plăcuţei, dînd naştere astfel unei diferenţe de potenţial. Măsurînd f.e.m. Hall putem cunoaşte valoarea cîmpului magnetic în care a fost introdusă plăcuţa.

În magnetometrele al căror principiu de funcţionare se bazează pe efect Hall, drept plăcuţe-sondă se folosesc deobicei materiale semiconductoare: Ge, InSb, InAs etc. Caracteristicile acestor materiale se dau în tabela 1.

Tabela 1

Caracteristicile unor materiale semiconductoare

Material	ρ [Ω cm]	Constanta Hall, R_H [cm³ K⁻¹]	Sensibilitatea γ [μ V/Oe]
Cu	$1{,}6 \cdot 10^{-6}$	-5.10^{-3}	2.10^{-10}
Ge	50	-10^5	540
InSb	1.10^{-2}	−500	210
InAs	$2{,}5.10^{-1}$	−910	500

Alimentarea plăcuţei-sondă se poate face atît în curent continuu cît şi în curent alternativ. Ultima variantă este mai convenabilă în cazul

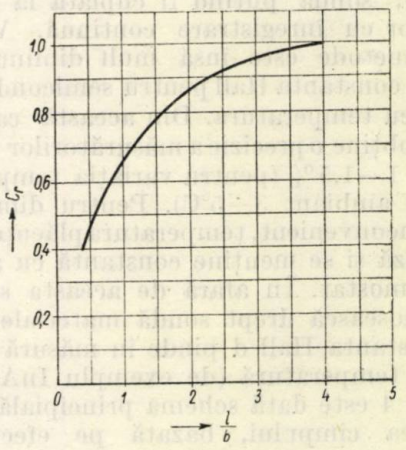


Fig. 3. Dependenţa coeficientului de corecţie C_r de raportul lungimii prin baza plăcuţei.

semnalelor mici care pot fi astfel mai uşor amplificate, întrebuinţînd amplificatoare audio obişnuite. Curentul admisibil prin plăcuţa-sondă este limitat de puterea maximă care poate fi disipată

$$I_{max} = b \sqrt{\frac{\alpha_t d}{0{,}24\rho}\, t_{adm}}$$

unde: α_t este coeficientul de cedare a căldurii [W cm^{-2} °C^{-1}]; ρ – rezistivitatea materialului [Ω cm]; t_{adm} – temperatura admisibilă [°C]; b, d – dimensiunile plăcuţei [cm].

Pentru Ge ($\rho = 50 \div 60$ Ω cm), $t_{adm} \leqslant 65°C$. Deja de la $t = 40°C$ la Ge încep să se resimtă efectele conductibilităţii proprii, ceea ce face ca dependenţa f.e.m. Hall de intensitatea cîmpului magnetic să capete un caracter complicat.

Un avantaj important al acestei metode constă în faptul că f.e.m. Hall depinde destul de liniar de intensitatea cîmpului magnetic pînă la va-

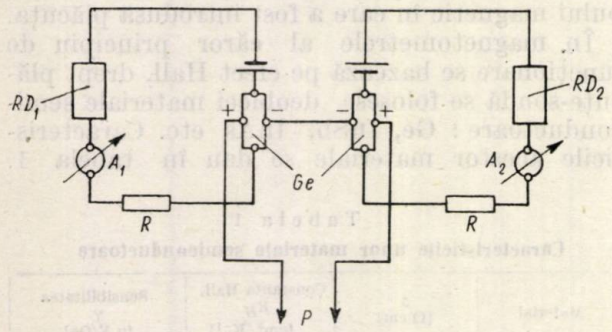


Fig. 4. Schema principială pentru măsurarea cîmpului magnetic prin metoda bazată pe efectul Hall.

lori de ordinul 10^4Oe. La valori mai mari ale cîmpului începe să influenţeze creşterea substanţială a rezistivităţii magnetice a materialului, efect care înrăutăţeşte liniaritatea $U_H = f(H)$. Alt avantaj al acestei metode de măsurare a cîmpului magnetic este fără îndoială simplitatea sa, cum şi posibilitatea înregistrării continue, sonda putînd fi cuplată la intrarea aparatelor cu înregistrare continuă. Valoarea acestei metode este însă mult diminuată de faptul că constanta Hall pentru semiconductoare variază cu temperatura. Din această cauză nu se poate obţine o precizie a măsurătorilor mai bună decît 1—1,5% (pentru variaţia temperaturii mediului ambiant 3÷5°C). Pentru diminuarea acestui inconvenient, temperatura plăcuţei-sondă se reglează şi se menţine constantă cu ajutorul unui termostat. În afară de aceasta se caută să se folosească drept sondă materiale pentru care constanta Hall d pinde în măsură cît mai mică de temperatură (de exemplu InAs).

În fig. 4 este dată schema principială pentru măsurarea cîmpului, bazată pe efect Hall, schemă care a fost folosită în măsurătorile magnetice preliminare asupra ciclotronului MZI. La efectuarea măsurătorilor s-a folosit un dispozitiv care permitea fixarea unei plăcuţe-sondă în centrul întrefierului, cea de-a doua putînd fi deplasată în direcţie radială şi azimutală (dispozitiv similar cu cel din fig. 1). Drept sondă s-au folosit plăcuţe de Ge ($\rho = 30$ Ω cm). Sensibilitatea obţinută ~ 80 μV/Oe pentru $I = 30$ mA. Folosirea a două sonde cuplate, aşa cum se vede în fig. 4 a permis evitarea inconvenientelor legate de instabilitatea cîmpului magnetic măsurat. Schema prevede alimentarea individuală a plăcuţelor-sondă în curent continuu (cîte o baterie BAS-80). Pentru reglarea şi menţinerea constantă a curentului de alimentare servesc decadele de rezistenţe RD_1 şi RD_2. Valoarea curentului se măsoară cu ajutorul miliampermetrelor A_1 şi A_2, controlul mai exact putîndu-se face şi prin măsurarea căderilor de tensiune de pe rezistenţele R. Pentru măsurarea f.e.m. Hall s-a folosit un galvanometru balistic şi potenţiometrul de curent continuu PPTV ale cărui borne de intrare sînt notate P (fig. 4).

Metoda bazată pe rezonanţa magnetică nucleară

Cea mai precisă metodă pentru măsurarea cîmpului magnetic, în prezent, trebuie considerată metoda bazată pe fenomenul de rezonanţă magnetică nucleară. Principiul acestei metode este următorul: ampula-sondă care conţine o substanţă-probă dia- sau paramaggetică, nucleele căreia au momentul magnetic μ, se introduce în cîmpul de măsurat H_0. În acest caz vectorul momentului magnetic va executa o mişcare de precesiune faţă de cîmpul magnetic H_0. Viteza de precesiune se determină din relaţia lui Larmor:

$$\omega_0 = \gamma H_0$$

unde γ este constanta giromagnetică a nucleelor substanţei probă. Dacă în afara cîmpului magnetic studiat H_0, nucleele substanţei probă din ampula-sondă sînt supuse acţiunii unui cîmp de înaltă frecvenţă $2H_1$ perpendicular pe direcţia lui H_0, se creează un moment care tinde să schimbe orientarea iniţială a nucleelor în raport cu H_0. În cazul cînd una din componentele H_1 ale cîmpului alternativ de î.f. $2H_1$ se roteşte sincron cu precesiunea vectorului μ — adică la rezonanţă — se creează condiţia de interacţiune continuă a cîmpului H_1 asupra nucleelor substanţei-probă. Apariţia rezonanţei este caracterizată printr-o absorbţie bruscă de energie a cîmpului de î.f. Dacă ampula-sondă este aşezată în interiorul bobinei circuitului acordat al unui generator de î.f., în momentul apariţiei rezonanţei se produce micşorarea factorului de calitate al circuitului, ceea ce produce micşorarea bruscă a tensiunii generate. Semnalul astfel obţinut este detectat şi amplificat. Pentru ca acest semnal să poate fi vizualizat pe ecranul unui osciloograf, trebuie modulat fie cîmpul H_0, fie fecvenţa ω_0. Mai simplu se realizează modularea cîmpului măsurat H_0, obişnuit cu ajutorul unui cîmp de frecvenţă 50 Hz şi amplitudine 5÷10 Oe. Acest cîmp modulator se creează cu ajutorul unei bobine suplimentare. Măsurînd ω_0 — frecvenţa generatorului pentru care apare rezonanţa, se poate determina cu mare precizie valoarea cîmpului măsurat $H_0 = \frac{\omega_0}{\gamma}$. Precizia măsurării cîmpului prin metoda rezonanţei magnetice nucleare rezultă din însumarea erorii cu care s-a măsurat raportul

giromagnetic γ şi erorii cu care se măsoară frecvenţa generatorului. Raportul giromagnetic corespunzător diferitelor nuclee a fost determinat experimental cu mare precizie. Astfel :

$$\gamma_{\text{protoni (apă)}} = (2{,}67530_5 \pm 0{,}00006)\ 10^{-6}\ s^{-1}\ Oe^{-1}$$

Frecvenţa generatorului poate fi măsurată cu precizie de ordinul $10^{-5}\ f_0$ (în mod curent $10^{-4}\ f_0$), aşa încît precizia rezultantă a măsurătorilor

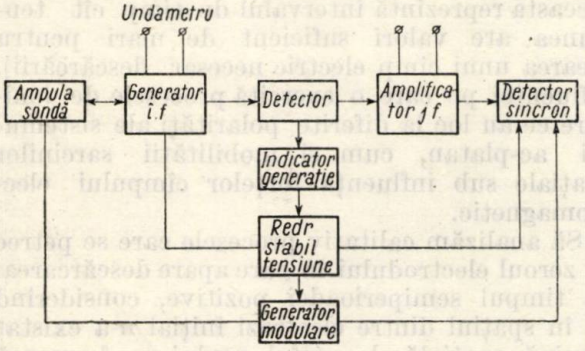


Fig. 5. Schema bloc a magnetometrului bazat pe fenomenul de rezonanţă magnetică nucleară.

este de ordinul a 10^{-4}. Trebuie menţionat că măsurarea variaţiei cîmpului magnetic de la punct poate fi efectuată cu precizie mai mare întrucît variaţiile de frecvenţă se măsoară cu precizie mai bună decît valorile absolute. În cazul unui cîmp omogen, precizia acestor măsurători poate fi de ordinul a 10^{-6}.

Unul din avantajele importante ale acestei metode pentru măsurarea cîmpului magnetic constă în faptul că modificarea elementelor schemei datorită factorilor exteriori nu afectează precizia măsurătorilor. Gama de măsură cu metoda de mai sus, principial, nu include o limitare superioară. Limita inferioară a cîmpului măsurat este determinată de raportul semnal/zgomot, care scade rapid cu micşorarea frecvenţei, adică cu valoarea cîmpului măsurat. Omogenitatea cîmpului constituie o altă limitare în folosirea acestei metode. În cîmpuri magnetice neomogene, numărul de nuclee pentru care este îndeplinită simultan condiţia de rezonanţă scade, iar semnalul electric se micşorează şi devine difuz. Acest neajuns poate fi înlăturat parţial prin folosirea ampulelor probă de volum cît mai mic („punctiforme"). Magnetometrele bazate pe fenomenul de rezonanţă nucleară au început să devină produse industriale. Amintim de pildă magnetometrul IMI-2, produs de industria electrotehnică sovietică cu schema-bloc din fig. 5.

Caracteristicile principale ale acestui magnetometru sînt :
gama de măsură : 250 — 25 000 Oe ;
precizia măsurătorilor : dacă măsurarea frecvenţei se face cu undametrul VG-527 (VG-530), eroarea nu depăşeşte 0,02% ;
neomogenitatea maximă a cîmpului măsurat : (0,2 — 0,5%) H_0 pentru 1 cm lungime.

Concluzii

Lucrarea de faţă nu-şi propune analizarea tuturor schemelor existente pentru măsurarea cîmpului magnetic. Se pot totuşi trage unele concluzii asupra metodelor discutate :

1. Metoda de măsură bazată pe fenomenul de rezonanţă magnetică nucleară se recomandă a fi folosită numai în cazul cînd trebuie efectuate măsurători foarte exacte ale valorilor absolute ale cîmpului magnetic, de asemenea în cazul etalonărilor.

2. Metoda de măsură bazată pe fenomenul de inducţie — cu bobine sondă — este cea mai simplă, sigură şi comodă. Se recomandă a fi folosită în special în măsurătorile diferenţiale ale cîmpului magnetic.

3. Pentru măsurători azimutale ale cîmpului magnetic şi determinarea neuniformităţilor locale poate fi folosită metoda bazată pe efect Hall.

BIBLIOGRAFIE

[1] ARUTIUNOV V. O. : *Electriceskie izmeritelnie pribori i izmerenia.*
[2] Germanii. Sbornic statei. 1955. I.I.L.
[3] PEARSON G. L. : Review of Scientific Instruments, 1948, 19, 263.
[4] ELPATEVSKAIA O. D., REGEL A. R. : Jurnal ecsperimentalnoi i teoreticescoi fiziki. 1956, 11.
[5] ANDREW E. R. : Nuclear magnetic resonance, London, 1955.
[6] GERTZIGER L. N. : *Izmeritel magnitnoi inducţii tipa* IMI-2 Priborostroenie, 1959, 5.

TEODOR TOTH*)

Aparatura electronică pentru studiul producerii descărcărilor de înaltă frecvenţă

537.523./.525 :538.56.029.5

Studiul multilateral al descărcărilor electrice a cunoscut în ultimul deceniu o dezvoltare impetuoasă. Acest lucru se datoreşte, în primul rînd faptului că noţiunea de gaz ionizat a pătruns din ce în ce în mai multe domenii ale ştiinţei şi tehnicii moderne. Dacă acum 30 de ani descărcările electrice constituiau un domeniu al fizicii oarecum izolat de celelalte capitole şi de ramurile hotărîtoare ale tehnicii şi aplicaţiilor industriale, astăzi ele au devenit cunoscute în tehnica experimentală, în fizica nucleară, industria chimică, metalurgică şi altele.

În uriaşele instalaţii destinate obţinerii reacţiilor termonucleare controlabile, mediul care este adus la temperaturi de mai multe milioane de grade este plasma, gazul ionizat. În asemenea condiţii, atenţia cercetătorilor dintr-un număr mare de laboratoare a fost atrasă asupra studiului mecanismului producerii descărcărilor electrice în diferite condiţii. Astfel, pe lîngă lucrările clasice apărute cu circa o jumătate de secol în urmă [1—5], o serie de cercetări [6—12] tratează probleme legate de faza iniţială a ionizării gazului.

În lucrarea de faţă este descrisă o instalaţie experimentală destinată studiului formării plasmei la diferite presiuni (760 — 0,001 mm Hg) sub acţiunea cîmpului electric de înaltă frecvenţă (200 — 300 MHz). Pentru localizarea spaţială a procesului de ionizare s-a folosit un sistem de electrozi ac-platan. Astfel ionizarea se petrecea în condiţii ce favorizează descărcările corona. După părerea unor autori [13], la frecvenţele de 200 — 300 MHz ale cîmpului electric este imposibilă producerea coronei din cauza semiperioadelor extrem de scurte ce nu permit dezvoltarea canalelor (căderilor). Măsurătorile efectuate arată că descărcările înrona au loc şi la asemenea frecvenţe, ceea ce constituie o concluzie importantă şi pune la codoială valabilitatea cifrelor date în [13].

Cîteva date asupra mecanismului producerii descărcărilor de înaltă frecvenţă

S-a observat că procesele elementare în cazul descărcărilor de înaltă frecvenţă sînt analoge cu cele de joasă frecvenţă. Totuşi mecanismul descărcării este diferit, datorită distribuţiei sarcinilor spaţiale sub influenţa cîmpului electric de înaltă frecvenţă, influenţei frecvenţei cîmpului asupra porţiunii active a semiperioadei tensiunii de înaltă frecvenţă (aceasta reprezintă intervalul de timp cît tensiunea are valori suficient de mari pentru crearea unui cîmp electric necesar descărcării), influenţei pe care o exercită procesele de ionizare ce au loc la diferite polarităţi ale sistemului ac-platan, cum şi mobilităţii sarcinilor spaţiale sub influenţa forţelor cîmpului electromagnetic.

Să analizăm calitativ procesele care se petrec în zeroul electrodului la care apare descărcarea. În timpul semiperioadei pozitive, considerînd că în spaţiul dintre electrozi iniţial n-a existat sarcină spaţială, la vîrful acului se formează avalanşe. Cînd cîmpul electric atinge o valoare critică apare un impuls pozitiv de avalanşă. În urma acestuia, în faţa acului se formează o sarcină spaţială, care schimbă distribuţia cîmpului electric în spaţiul dintre electrozi (fig. 1).

Plecînd de la ipoteza că ionii rămîn nemişcaţi în decursul unei semiperioade — condiţie ce este îndeplinită în cazul frecvenţelor foarte înalte — putem să ne dăm seama şi despre mecanismul dezvoltării descărcării în timpul semiperioadei

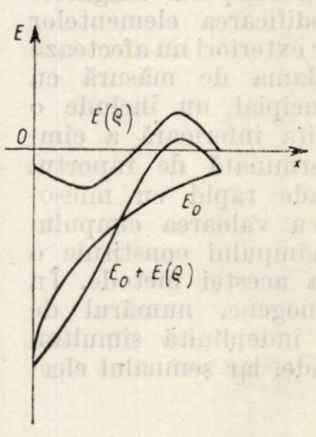


Fig. 1. Distribuţia cîmpului electric în semiperioada negativă:

E (ϱ) — cîmpul creat de sarcina spaţială; — E_0 cîmpul exterior; E_0 + E (ϱ) — cîmpul rezultant.

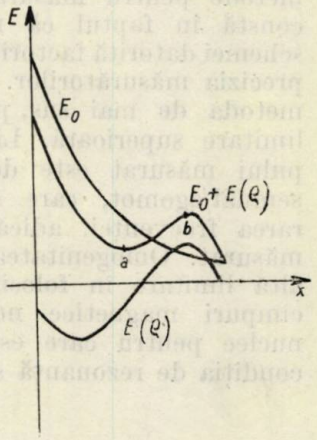


Fig. 2. Distribuţia cîmpului electric în semiperioada pozitivă:

Se observă că pe porţiunea *ab* crescătoare se formează condiţii favorabile pentru apariţia unor descărcări în acest domeniu.

negative. Astfel intensitatea rezultantă a cîmpului electric în apropierea acului va creşte şi de aceea descărcarea independentă va apare la o valoare mai redusă a tensiunii de pe electrod (fig. 2). În decursul semiperioadei pozitive, sarcinile negative fac posibilă creşterea

*) T. TOTH este inginer fizician la Institutul de fizică atomică al Academiei R.P.R.

rapidă a canalului de înaltă frecvenţă. Examinînd curba $E_0 + E$ (ρ) din fig. 1 se observă că pe porţiunea *ab* ea este crescătoare. Domeniul acesta poate deveni cu uşurinţă centru al unei descărcări independente şi astfel volumul în care E poate fi suficient de mare joacă rolul vîrfului pozitiv. Canalul format se transformă în plasmă ionică şi potenţialul electrodului se transmite noului centru de descărcare. Semiperioada pozitivă joacă un rol foarte important în ceea ce priveşte creşterea densităţii sarcinii spaţiale în canalele deja formate. Faptul că se formează canale înguste se datoreşte componenţei radiale a cîmpului care, indiferent de direcţia de mişcare a electronilor dirijează avalanşa spre centrul canalului.

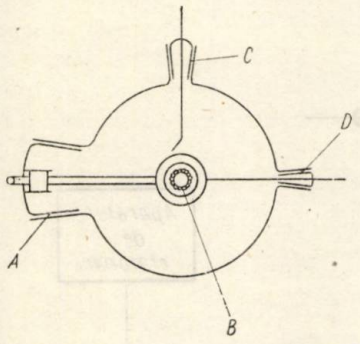


Fig. 3. Schiţa volumului în care se petrece descărcarea :
Sfera este confecţionată din sticlă avînd un diametru de 200 mm şi o grosime de 2 mm.

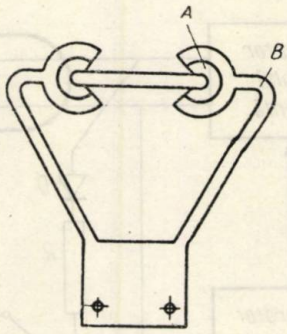


Fig. 4. Schiţa susţinătoarelor liniei bifilare :
A este confecţionat din izolator sintetic de înaltă frecvenţă, iar *B* din bachelită *P*.

de platan. Şlifurile *C* şi *D* servesc la introducerea sondelor respectiv a detectorului pentru înregistrarea emisiei electromagnetice a plasmei. Vidarea se face cu ajutorul unui grup compus dintr-o pompă de vid preliminar BH-50 şi o pompă de difuzie cu mercur. La măsurarea vidului serveşte un vacuummetru de tip VIT-1. Alimentarea electrozilor se face prin intermediul unei linii bifilare de 3/4 λ scurtcircuitate la un capăt şi deschise la celălalt. Electrozii se află la capătul deschis al liniei pe care se formează o undă staţionară avînd maximum de tensiune (ventru) în

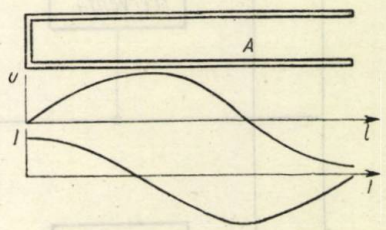


Fig. 5. Distribuţia tensiunii şi curentului de-a lungul liniei deschise

regiunea electrozilor. Linia joacă şi rolul unui transformator care în funcţie de factorul de calitate va asigura o tensiune de înaltă frecvenţă suficient de mare la capătul deschis. Linia este suspendată în punctele de noduri de tensiune cu ajutorul unor reazeme construite din materiale izolante cu ε mic (fig. 4). În momentul descărcării, linia se încarcă cu o sarcină complexă Z, ceea ce duce la schimbarea distribuţiei tensiunii şi curentului de-a lungul acesteia, iar din cauza curentului activ apare o componentă progresivă a undei. În punctul de nod al tensiunii (*A* în fig. 5) de data aceasta apare o tensiune oarecare. Pentru efectuarea măsurătorilor pe linie a fost construit un detector special prevăzut cu un divizor capacitiv. Din programul de măsurători fac parte : determinarea caracteristicilor electrice [dependenţa $T = f(U)$], a vitezelor de formare a canalelor, studiul comportării descărcării în cîmp magnetic exterior etc. În vederea realizării acestui scop s-a proiectat aparatura electronică a cărei schemă bloc este arătată în fig. 6.

Generatorul de înaltă frecvenţă (200—300 MHz) cu o putere de circa 500 W, alimentează linia de 3/4 λ, care este acordată cu ajutorul scurtcircuitorului de la capătul liniei. În punctul corespunzător lungimii de $\lambda/2$ este conectat circuitul $R\Delta$. Semnalul ce apare la bornele rezistenţei R în cazul cînd din cauza descărcării se schimbă distribuţia tensiunii pe linie, în funcţie de poziţia comutatorului C_1 este transmis fie oscilografului, fie voltmetrului electronic. Generatorul poate funcţiona şi în regim de impulsuri. Acest lucru este necesar atunci cînd se

Din cele expuse mai sus rezultă clar că descărcarea de înaltă frecvenţă apare în urma a două procese. La început apare primul canal — aceasta necesită un interval de timp relativ lung — apoi se formează canalele secundare din noile centre de descărcare. Faza a doua durează cu mult mai puţin.

În ceea ce priveşte viteza formării canalului de înaltă frecvenţă aceasta este în funcţie de viteza de creştere a sarcinii spaţiale a ionilor şi a avalanşelor ce apar concomitent. O importanţă hotărîtoare în determinarea mecanismului descărcării prezintă măsurarea experimentală a acestor mărimi.

Descrierea instalaţiei experimentale

Descărcarea electrică sub acţiunea cîmpului de înaltă frecvenţă are loc într-o sferă de sticlă cu un diametru de 200 mm (fig. 3). Aceasta este prevăzută cu robinete destinate vidării volumului şi măsurătorilor de presiune. În partea laterală se află un şlif (*A*) cu un diametru de 125 mm, prin care intră linia de rezonanţă de 3/4 λ care susţine electrozii. Distanţa dintre aceştia se poate regla cu ajutorul unui sistem micrometric montat în şliful *B*, care pune în mişcare acul care se apropie sau se depărtează

fac măsurători pentru determinarea vitezei de formare a canalelor. De la o schemă (fantastron) se obţin impulsuri dreptunghiulare; ele trec printr-o linie cu timp de întîrziere reglabil şi declanşează generatorul de înaltă frecvenţă.

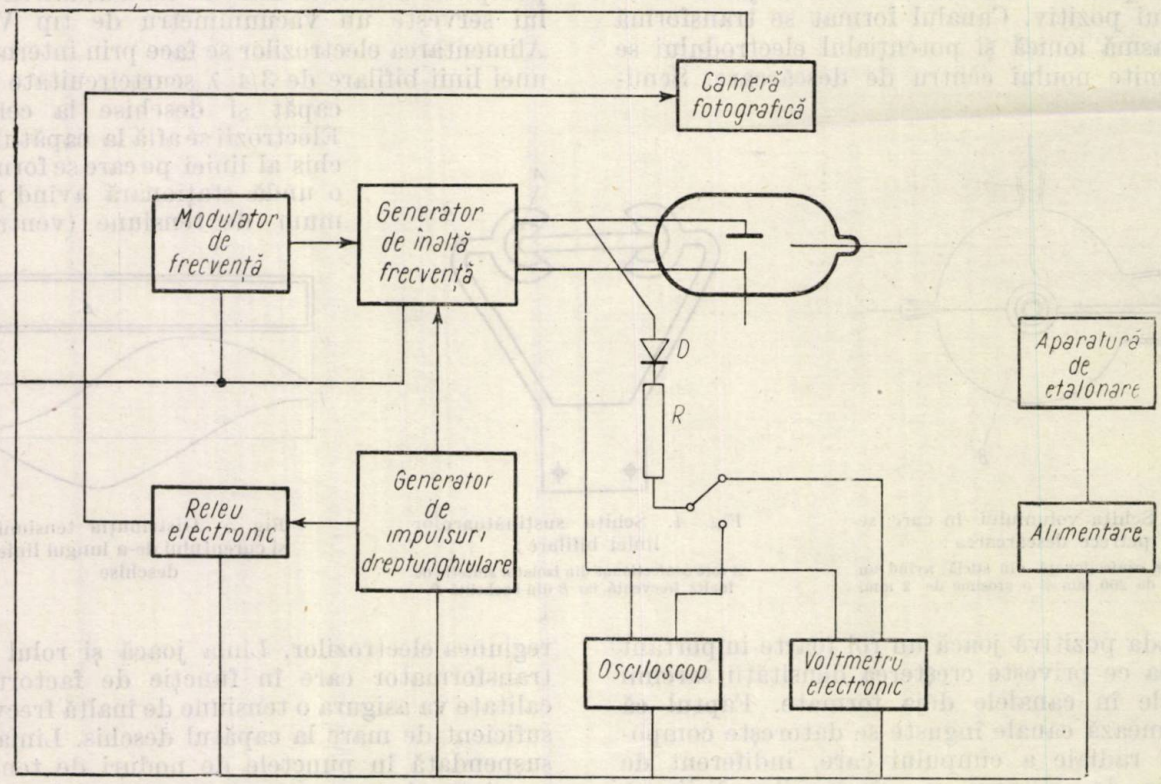


Fig. 6. Schema bloc a instalaţiei.

Impulsul se transmite simultan şi releului electromecanic, care porneşte camera stroboscopică pentru filmarea descărcării. Reglînd timpul de întîrziere se poate realiza sincronismul între frontul înfăşurătoarei trenului de oscilaţie de înaltă frecvenţă şi declanşarea camerei fotografice. Astfel se poate studia dependenţa lungimii canalului în funcţie de tensiunea pe electrozi şi de durata impulsului de modulaţie. Cîmpul magnetic ce ia naştere în urma variaţiilor rapide ale cîmpului electric are şi el o influenţă hotărîtoare asupra mecanismului descărcării [14, 15]. Prin modularea frecvenţei este posibilă varierea frontului tensiunii şi astfel schimbarea periodică a intensităţii cîmpului magnetic. Un cîmp magnetic exterior, modulat sincron cu frecvenţa generatorului se va suprapune cîmpului magnetic de provenienţă electrodinamică şi permite efectuarea unor măsurători ce oferă date suplimentare în ceea ce priveşte influenţa cîmpului magnetic asupra distribuţiei sarcinii spaţiale.

Generatorul de înaltă frecvenţă

În vederea obţinerii unei stabilităţi bune, schema generatorului de înaltă frecvenţă prevede o triplă multiplicare de frecvenţă a oscilatorului pilot. Frecvenţa maximă a acestuia este de 11,11 MHz, iar al etajului final de 300 MHz. Pentru eliminarea influenţei etajelor asupra oscilatorului pilot este prevăzut un etaj tampon care lucrează fără curenţi de grilă. Modularea frecvenţei se realizează cu ajutorul unui etaj cu un tub reactiv a cărui inductanţă echivalentă este conectată în paralel cu circuitul oscilant al oscilatorului pilot. Tuburile etajelor au fost alese conform tabelei 1. Schema bloc a generatorului de înaltă frecvenţă este arătată în fig. 7.

Tabela 1

Tuburile etajelor

Nr. crt.	Denumirea etajului	Tipul tubului	Puterea utilă W	Puterea de calcul W	Frecvenţa maximă MHZ
1	Modulator	6л7	—	—	—
2	Oscilator pilot	6с7б	2,5	1,5	50
3	Etajul tampon	г-411	20	4,9	50
4	Primul triplor	гу-32	25	—	300
5	Al doilea triplor	гу-32	25	3,5	300
6	Al treilea triplor	гу-32	25	9	300
7	Primul amplificator de putere	гу-29	85	60	300
8	Al doilea etaj de amplificare de putere	2×TS-6	300	100	300
9	Etajul final	6×TS-6	600	580	300

Pentru exemplificarea metodei de calcul al generatorului vom prezenta calculul etajului

final care lucrează cu cîte două tuburi TS-6 în contratimp. Schema prevede punerea în paralel a două tuburi TS-7. Acest lucru este posibil datorită capacităţilor anod-catod reduse ale triozilor TS-6. Calculul se face pentru o singură ramură şi cele două tuburi se înlocuiesc printr-un tub echivalent.

Calculul circuitului anodic. Unghiul de tăiere $\theta = 90°$, ceea ce duce la alegerea coeficienţilor din tabelele lui Berg [16] $\alpha_0 = 0{,}319$; $\alpha_1 = 0{,}5$, iar $\cos\theta = 0$. Regimul se alege supratensionat. Coeficientul critic de folosire a tensiunii anodice

$$\xi_{cr} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{1 - \frac{8P_{\sim}}{\alpha_1 S_c E_A^2}} = 0{,}986$$

unde $P_{\sim}$ este puterea oscilantă de calcul; S_c — panta de conversie; E — tensiunea anodică. Amplitudinea primei armonice a tensiunii pe circuitul oscilant

$$U_f = \xi_{cr} E_A = 1\,000 \text{ V}.$$

Prima armonică a curentului anodic

$$I_{a1} = \frac{2P_{\sim}}{U_f} 560 \text{ mA}.$$

Valoarea maximă a curentului anodic

$$i_{a\,max} = \frac{I_{a1}}{\alpha_1} = 1\,120 \text{ mA}.$$

Tensiunea de excitaţie

$$U_{mg} = \frac{i_{a\,max}}{S(1 - \cos\theta)} + DU_f = 212 \text{ V}$$

unde S este panta, iar D — pătrunderea. Tensiunea de negativare

$$E_{CI} = -DE_A + E_{g0} - (U_g - DU_f)\cos\theta = -93 \text{ V}.$$

Rezistenţa echivalentă a circuitului oscilant

$$R_e = \frac{U_f}{I_{a1}} = 1\,800 \ \Omega.$$

Puterea utilă

$$P = \frac{1}{2} I_{a1} U_f = 280 \text{ W}.$$

Componenta continuă a curentului anodic

$$I_{a0} = \alpha_0 \, i_{a\,max} = 356 \text{ mA}.$$

Puterea de alimentare

$$P_0 = I_{a0} E_A = 365 \text{ W}$$

Pierderile în circuitul plăcii

$$P_a = P_0 - P = 85 \text{ W}$$

Randamentul

$$\eta = \frac{P}{P_0} 100 = 77\,\%.$$

Calculul circuitului grilei. Unghiul de tăiere al impulsului curentului de grilă

$$\cos\theta_g = -\frac{E_g}{U_{mg}} = 0{,}44 \text{ iar } \theta = 64°$$

din tabela lui Berg avem $\alpha_{0g} = 0{,}232$; $\alpha_{1g} = 0{,}41$.

Valoarea maximă a curentului de grilă

$$i_{g\,max} \sim 0{,}15 \ i_{a\,max} = 168 \text{ mA}$$

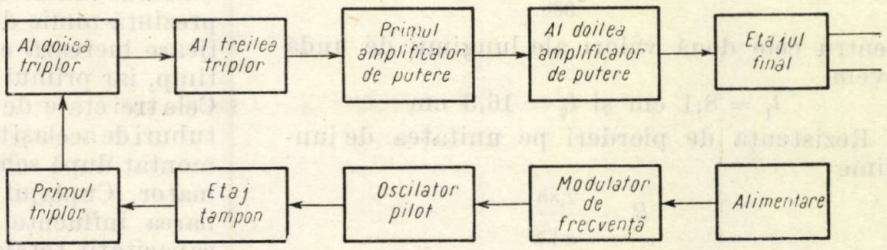


Fig. 7. Schema bloc a generatorului de înaltă frecvenţă.

Prima armonică a curentului de grilă

$$I_{g1} = \alpha_{1g} \, i_{g\,max} = 69 \text{ mA}$$

Componenta continuă a curentului de grilă

$$I_{g0} = \alpha_{0g} \, i_{g\,max} = 39 \text{ mA}.$$

Puterea disipată în circuitul de grilă

$$P_g = \frac{1}{2} U_{mg} I_{g1} = 7{,}3 \text{ W}.$$

Rezistenţa de pierderi în circuitul grilei

$$R_g = \frac{U_{mg}}{I_{g1}} = 3\,100 \ \Omega.$$

Impedanţa de intrare a tubului este valoarea inversă a admitanţei totale compuse din admitanţe de pierderi în circuitul grilei, admitanţa inductanţei contactului catodei şi admitanţa cauzată de timpul de zbor limitat al electronilor

$$R_{intr} = 86 \ \Omega$$

Puterea totală disipată în circuitul grilei

$$P_{\Sigma} = \frac{0{,}5 \, U_{mg}^2}{R_{intr}} = 26 \text{ W}$$

Trecînd la ambele ramuri avem

U_{mg} [V]	U_f [V]	I_{a0} [mA]	P_0 [W]
212	1 000	712	730

$P_{\sim}$ [W]	P_a [W]	P_{Σ} [W]	R_e [Ω]	η [%]
560	170	52	3 600	77

Calculul circuitului oscilant anodic. Alegem o linie bifilară cu distanţa între axele liniilor $D = 60$ mm şi un diametru $d = 8$ mm [17].

Capacitatea de intrare a liniei

$$C_{intr} \sim C_{ieşire \ TS-6 \ (II)} = 3 \text{ pF}$$

Impedanţa caracteristică

$$W = 276 \log \frac{D}{2} = 325 \ \Omega$$

Lungimea electrică a liniei

$$\frac{1}{\omega C_{intr}} = W \operatorname{tg} \theta$$

pentru lungimea de undă minimă $\lambda = 1$ m

$$\frac{530\,\lambda}{C_{intr}} = W \operatorname{tg} \theta_1$$

de unde $\theta_1 = 29°$. Pentru lungimea maximă $\lambda = 1{,}5$ m avem $\theta_2 = 39°20'$. Lungimea geometrică se calculează din relația

$$l = \frac{Q\lambda}{360}$$

pentru cele două valori ale lungimii de undă avem

$$l_1 = 8{,}1 \text{ cm și } l_2 = 16{,}3 \text{ cm}$$

Rezistența de pierderi pe unitatea de lungime

$$R = \frac{2{,}88}{\alpha \sqrt{\lambda}}$$

introducînd valorile lui λ avem $R_1 = 0{,}36\ \Omega/m$ și $R_2 = 0{,}294\ \Omega/m$. Rezistența totală de pierderi a liniei

$$R_1 l_1 = 0{,}029\ \Omega,\ R_2 l_2 = 0{,}0485\ \Omega$$

Capacitatea echivalentă

$$C_e = \frac{1}{2} C_{intr} \left(1 + \frac{2\theta}{\sin 2\theta}\right)$$

pentru cele două frecvențe avem

$$C_{e1} = 3{,}8 \text{ pF și } C_{e2} = 3{,}6 \text{ pF.}$$

Rezistența echivalentă a circuitului în gol

$$R_{eg} = \frac{R_e}{1 - \eta} = 12\,000\ \Omega$$

Factorul de calitate al circuitului în sarcină $Q = R_e \omega C_e$, astfel $Q_1 = 23$ iar $Q_2 = 16{,}5$. Banda de trecere

$$\Delta f = \frac{f}{Q}$$

pentru cele două lungimi de undă $\Delta f_1 = 13{,}4$ MHz, iar $\Delta f_2 = 12$ MHz.

Circuitul grilei care se prezintă tot sub forma unei linii bifilare se calculează în mod analog. Calculul diferitelor elemente ale schemei nu prezintă nimic deosebit. Al doilea etaj de amplificare lucrează cu două triode TS-6 în contratimp, iar primul etaj cu o dublă tetrodă ГУ-29. Cele trei etaje de triplare a frecvenței utilizează tuburi de același tip ГУ—32. Oscilatorul pilot este montat după schema cu cuplaj cu autotransformator. Cuplajul este ales strîns pentru eliminarea influenței capacităților parazite asupra capacității totale a circuitului oscilant, ceea ce mărește stabilitatea oscilatorului. Modulatorul de frecvență funcționează cu tubul 6Ж7 și introduce o inductanță echivalentă, care poate varia în funcție de negativarea grilei supresoare, în circuitul oscilant al oscilatorului. Schema de principiu a generatorului este arătată în fig. 8.

Metoda de măsurare a caracteristicilor electrice ale descărcării

Fenomenele electrice pe liniile cu parametrii distribuiți sînt caracterizate prin ecuațiile telegrafice care admit următoarea soluție:

$$\overline{U} = \overline{U}_{max} [\cos (ml + \psi) + jk \sin (ml + \psi)$$

$$\overline{I} = \frac{\overline{U}_{max}}{\rho} [k \cos (ml + \psi) + j \sin (ml + \psi)$$

unde $\overline{U}$ și $\overline{I}$ sînt amplitudinile complexe ale tensiunii și curentului la o distanță l de capătul liniei, ρ este impedanța caracteristică, k

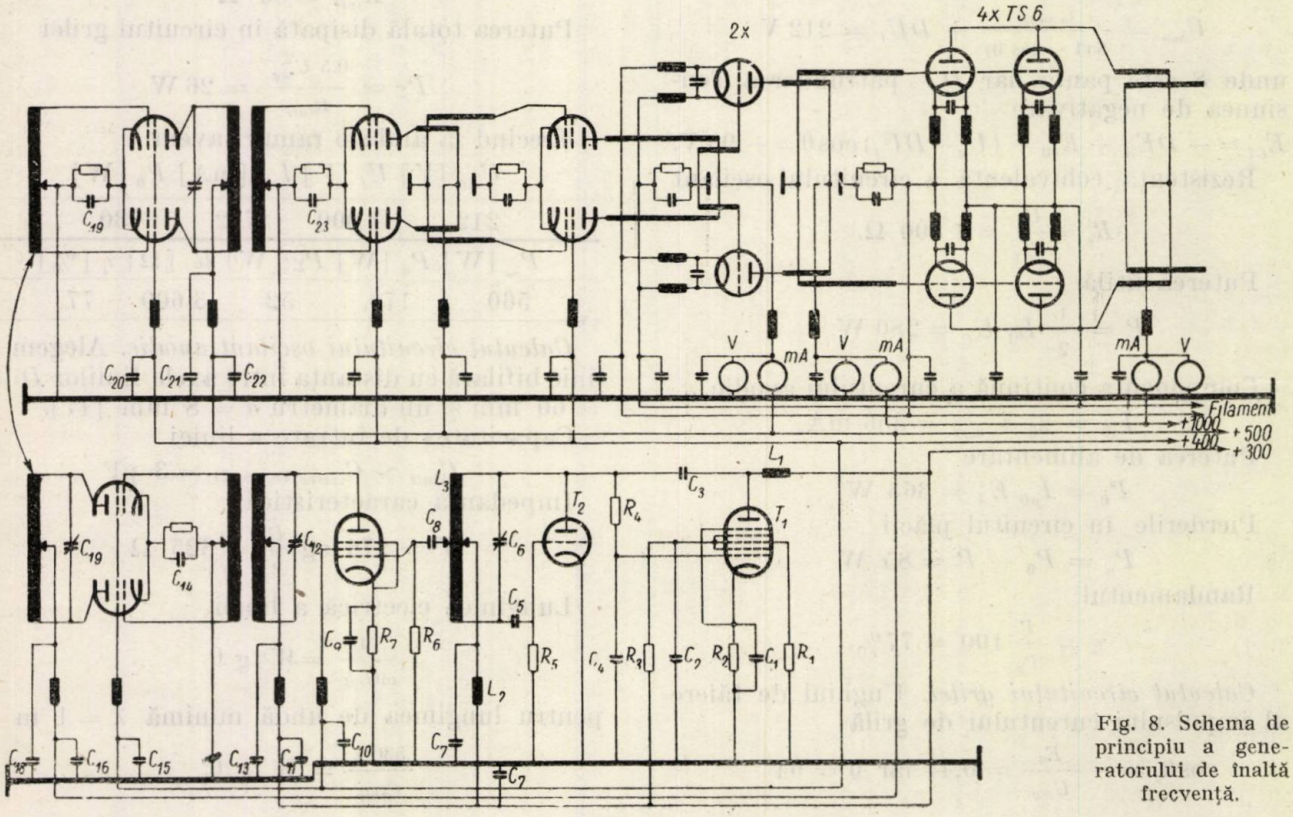


Fig. 8. Schema de principiu a generatorului de înaltă frecvență.

coeficientul de undă progresivă, ψ unghiul de tăiere al curentului la capătul liniei iar $\overline{U}_{max}$ amplitudinea complexă a tensiunii în ventru. Admiţînd că sarcina liniei $Z = R + jx$

$$K = \frac{1}{2\rho R}[x^2 + R^2 - \sqrt{(x^2 + R^2 + \rho^2) - 4R^2\rho^2}]$$

$$\operatorname{tg}\psi = -\frac{\rho x}{R^2 \times x^2 - K\rho R}.$$

Tensiunea la capătul liniei va fi

$$\overline{U}_2 = \overline{U}_{max}(\cos\psi + jK\sin\psi)$$

În asemenea condiţii linia se caracterizează printr-o distribuţie care cuprinde atît o undă staţionară cît şi una progresivă (fig. 9). Pentru

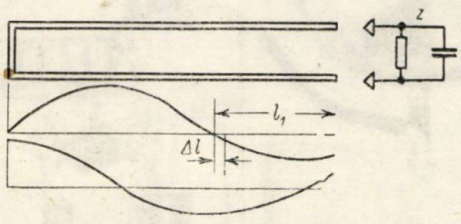


Fig. 9. Distribuţ a tensiunii şi curentului de-a lungul liniei încărcate cu sarcina complexă a descărcării.

determinarea lui Z este necesară cunoaşterea lui K şi distanţa l_1 la care se află primul minim de tensiune de la capătul liniei. Componenta activă a sarcinii o putem calcula din relaţia

$$R = \rho\frac{K}{\cos^2 ml_1 + K^2 ml_1}$$

cea reactivă

$$x = \rho\frac{\frac{K^2-1}{2}\sin 2ml_1}{\cos^2 ml_1 + K^2\sin ml_1}.$$

unde

$$K = \left|\frac{U_{min}}{U_{max}}\right|.$$

Măsurarea tensiunii ce apare în momentul cînd se declanşează descărcarea este posibilă cu ajutorul circuitului RD, iar poziţia minimului poate fi verificată cu ajutorul voltmetrului electronic. Pentru aprecierea erorilor şi a modificării distribuţiei cauzate de conectarea pe linie a aparatelor de măsură, s-au efectuat o serie de etalonări.

Cîteva date experimentale

S-au ridicat caracteristicile electrice ale descărcării la diferite presiuni. Astfel, pentru presiuni cuprinse între 160—10 mm Hg s-a constatat că, descărcarea de înaltă frecvenţă (200—300 MHz) începe printr-un mecanism diferit de descărcarea corona şi în prima fază apar strimeri, care duc la străpungerea spaţiului dintre electrozi. S-a observat că în anumite condiţii speciale, cînd spaţiul în zona descărcării a fost iniţial ionizat, sub acţiunea unor substanţe radioactive sau a radiaţiilor ultraviolete, descărcarea începe cu o formă foarte asemănătoare coronei. Caracteristicile electrice ale acestei descărcări (fig. 10) se aseamănă foarte mult cu cele

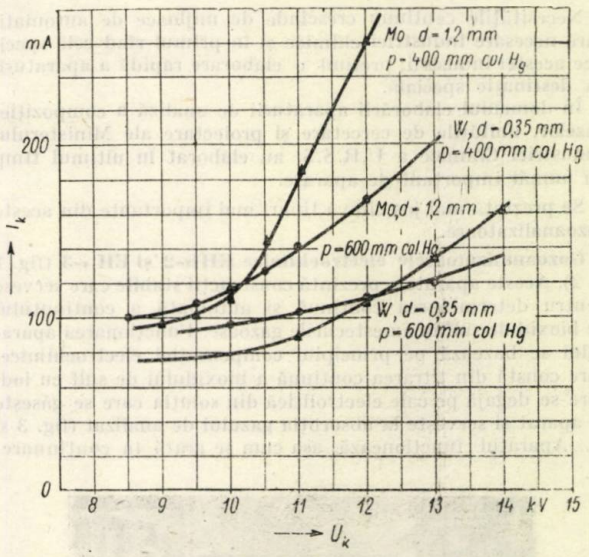


Fig. 10. Caracteristicile electrice ale descărcării la presiuni apropiate de cea atmosferică :

Au fost folosite ace din wolfram şi molibden. Vîrful lor se află la o distanţă de 10 mm de platan ; d – diametrul acelor ; U_k – tensiunea de descărcare în kV ; I_k – curentul de descărcare în mA.

ale coronei. Studiul platanului pe care s-a depus metalul evaporat al acului (wolfram, tantal, platină) arată că descărcarea are o structură cu totul specifică. Astfel s-a observat apariţia sistematică a unor cercuri concentrice reprezentînd maxima şi minima de depuneri, lucru care necesită o interpretare teoretică.

BIBLIOGRAFIE

[1] TOWSEND S. J. : *Electricity in bases*, Oxford, 1915.
[2] TOWSEND S. J. : Phil. Mag. 1, 198 (1901) ; 3, 557 (1902) ; 5, 389 (1903) ; 8, 738 (1904) ; 9, 289 (1905) ; 11, 729 (1906) ; 27, 789 (1914).
[3] LOEB B. L. : Rev. Mod. Phys., 8, 277 (1936).
[4] DENNING M. F. and KONITHOF A. A. : Physica, 3, 515 (1956).
[5] ZEIER O. : Ann. der Phys. 14, 415 (1932).
[6] LOEB B. L. and MECK T. : Journal of Appl. Phys. 11, 438 (1940).
[7] DUNNINGTON G. F. : Phys. Rev., 37, 280 (1931).
[8] FRIEGLER E. und RALTHER H. : Zs der Phys. (1936).
[9] MECK M. I. : Phys. Rev., 57, 2 7, 722, (1940).
[10] POPOV N. : *Issledovanie visokociastnogo razviada nekotorîmi opticeskimi metodami* (disertaţie, Moscova, 1953).
[11] PATEIUK G. : *Issledovanie visokociastnogo razviada v metrovom i deţimetrovom diapazone* (disertaţie, Moscova, 1953).
[12] ITHOKI P. : *Metodika issledovania impulsnîh tokov razviada s pomosciu katodnogo osţillografa* (disertaţie, Leningrad d.G.U.).
[13] DMITRIEV A. : *Issledovanie koronnogo razviada visokoi ciastoti i konstruirovanie visokovoltnîh, visokociastotnîh izolatorov* (disertaţie, Leningrad L.E.T.I.).
[14] HAEFER : Acta Phisica Austriaca, 7, Bd (1), 1953.
[15] HAEFER : Acta Phisica Austriaca, 7 Bd. (3), 1953.
[16] DROBOV S. : *Radioperedaiuscie ustroistva*, Voenizdat, 1951.
[17] POPOV I. : *Proektirovanie konturov peredatcikov metrovîh voln*, Moscova, 1951.

PENTRU TÎNĂRUL INGINER

ION SZEKELY şi GHEORGHE R. IANCULESCU*)

Cîteva tipuri noi de gazoanalizatoare elaborate în U.R.S.S.

CZ 543.271(8)

Necesităţile continuu crescînde de mijloace de automatizare necesare industriei chimice şi în primul rînd cele specifice acestei industrii, pretind o elaborare rapidă a aparaturii cu destinaţie specială.

În domeniul elaborării aparaturii de analiză a compoziţiei gazelor, unităţile de cercetare şi proiectare ale Ministerului Industriei Chimice a U.R.S.S. au elaborat în ultimul timp un număr important de aparate.

Se prezintă mai jos cîteva tipuri mai importante din aceste gazoanalizatoare.

Gazoanalizatoarele electrochimice EHG-2 şi EHG-3 (fig. 1 şi 2). Aceste aparate reprezintă construcţii stabile care servesc pentru determinarea continuă şi automată a conţinutului de bioxid de sulf în amestecurile gazoase. Funcţionarea aparatului se bazează pe principiul compensaţiei electrochimice, care constă din titrarea continuă a bioxidului de sulf cu iod, care se degajă pe cale electrolitică din soluţia care se găseşte în aparat şi serveşte la absorbţia gazului de analizat (fig. 3 şi 4). Aparatul funcţionează aşa cum se arată în continuare.

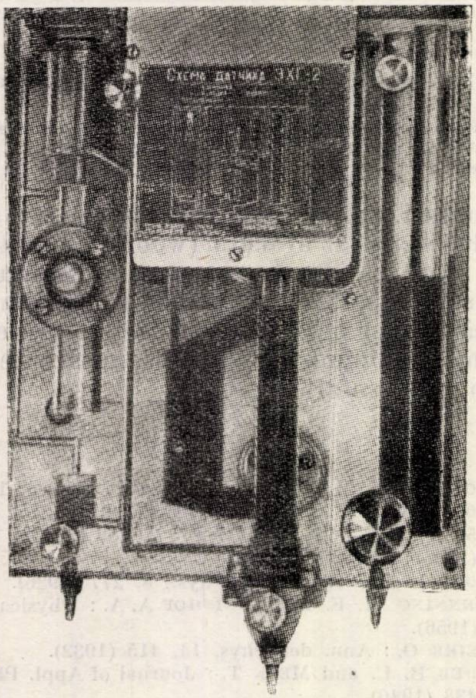


Fig. 1. Gazoanalizatorul EHG-2

Amestecul analizat intră în traductorul electrochimic, umplut cu o soluţie apoasă şi slab acidulată de iodură de potasiu. În acest traductor sînt introduşi doi electrozi de măsurare, unul de platină şi celălalt de clorură de argint, cum şi doi electrozi ai aşa-numitului circuit de electroliză. Prin trecerea unui curent continuu între aceşti doi ultimi electrozi, în urma procesului de electroliză, din soluţie se degajă iod elementar, care intră totalmente în reacţie cu bioxidul de sulf. În schema electrică a aparatului (fig. 5) este prevăzut un potenţiometru, cu ajutorul căruia intensitatea curentului se reglează în mod automat, în aşa fel încît potenţialul de oxidoreducere pe electrodul de platină se menţine în jurul valorii corespunzătoare punctului de echivalenţă, pe curba de titrare a bioxidului de sulf cu iod. Întrucît cantitatea de iod care se degajă în procesul de electroliză este direct proporţională cu intensitatea curentului din circuitul de electroliză, iar cantitatea de iod care se degajă este echivalentă cu cantitatea de bioxid de sulf dizolvat, intensitatea de curent rezultă proporţională

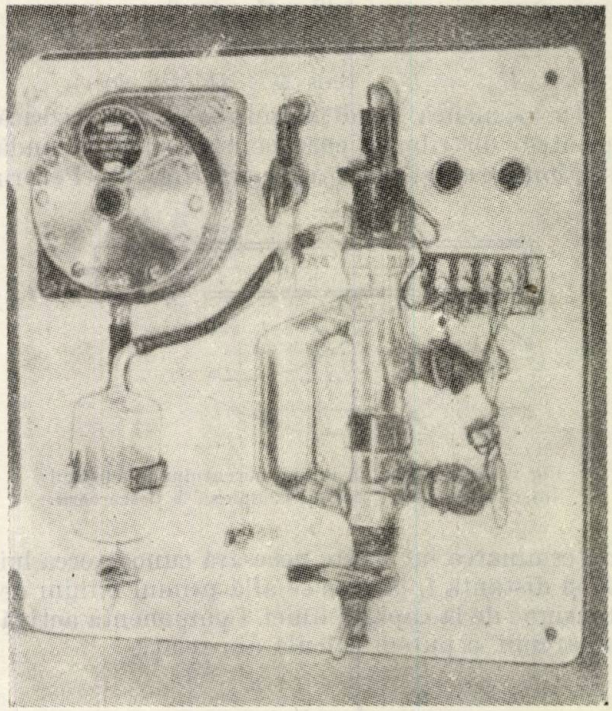


Fig. 2. Gazoanalizatorul EHG-3

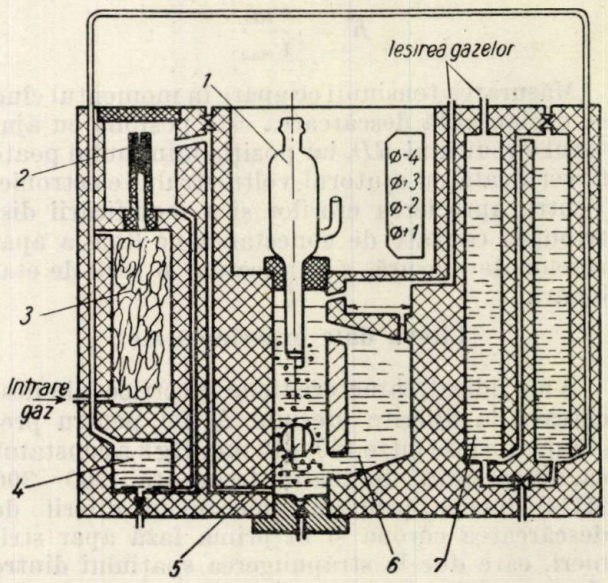


Fig. 3. Schema traductorului EHG-2

1 — element cu clorură de argint; *2* — capilarul reometrului; *3* — filtru; *4* — reometru; *5* — electrod de electroliză; *6* — camera de electroliză; *7* — stabilizator de presiune.

*) Ing. I. SZEKELY este şeful atelierului de automatizări şi utilaje speciale a IPROCHIM iar ing. GH. R. IANCULESCU, inginer proiectant principal la acelaş atelier.

cu cantitatea de bioxid de sulf din amestecul gazos. În consecinţă, cantitatea de bioxid de sulf prezentată în amestec se determină prin măsurarea intensităţii de curent. După cum

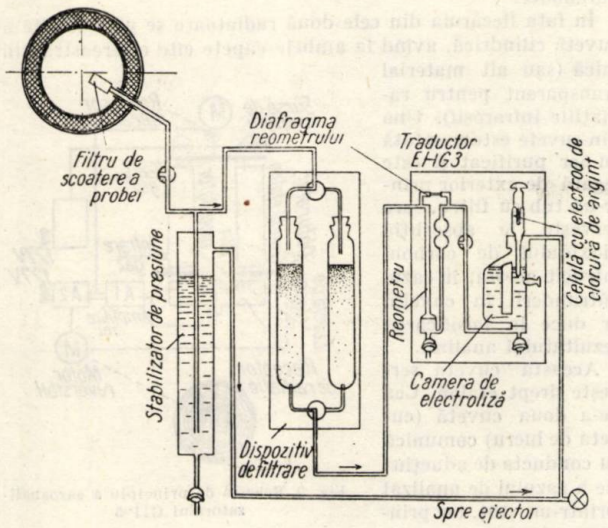


Fig. 4. Schema traductorului EHG-3

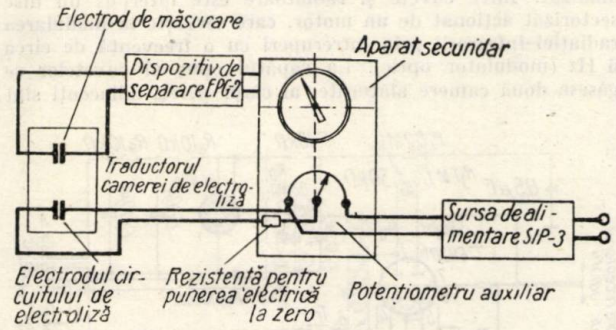


Fig. 5. Schema electrică a gazoanalizatoarelor EHG-2 şi EHG-3

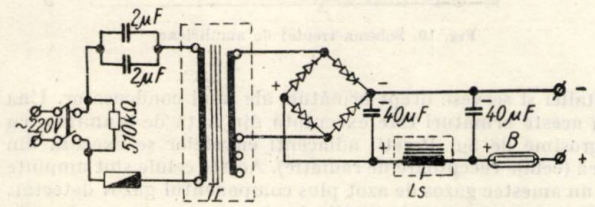


Fig. 6. Schema redresorului SIP-3

reiese din fig. 5, întreaga instalaţie este formată din următoarele blocuri :

redresorul stabilizat de alimentare ;
sistemul înregistrator — potenţiometru compensator ;
traductorul electrochimic ;
dispozitivul de separare.

Aparatul este alimentat de redresorul stabilizat cu ferorezonanţă de tip SIP-3 (fig. 6).

Traductorul electrochimic al aparatului EHG-2 este executat din polimetilmetacrilat (plexiglas), care în afară de celula electrochimică, conţine un filtru de control, un stabilizator de presiune şi un reometru (fig. 3). În centrul blocului se găseşte celula de electroliză cu două camere, legate între ele în partea inferioară şi superioară şi umplute cu electrolit. În partea inferioară a camerei se găseşte o sită prin care barbotează amestecul de gaz care se supune analizei. Omogenizarea soluţiei de electrolit în celulă se produce prin micşorarea densităţii globale a lichidului în camera de electroliză, în urma prezenţei bulelor de gaz dispersat care se formează prin barbotare. În partea superioară a camerei de electroliză se găseşte elementul de clorură de argint cu electrodul de platină, iar în partea de jos a camerei de electroliză se găsesc electrozii de platină pentru electroliză. Într-o parte a blocului traductorului sînt aşezate reometrul şi filtrul de control umplut cu vată de sticlă ; în partea opusă a traductorului se găsesc două stabilizatoare de presiune legate în serie. Reometrul şi stabilizatoarele de presiune servesc la menţinerea unei viteze date a gazului de analizat care trece prin traductor. Traductorul aparatului EHG-3 este format dintr-un stabilizator de presiune, dispozitiv de purificare a gazului de analizat, reometru şi cameră de electroliză. La acest aparat, stabilizatorul de presiune este metalic, iar dispozitivul de purificare şi camera de electroliză sînt executate din sticlă, întregul complex fiind închis într-o cutie metalică etanşă. Dispozitivul de separare de tip EPG-2 (fig. 7) serveşte ca element intermediar între

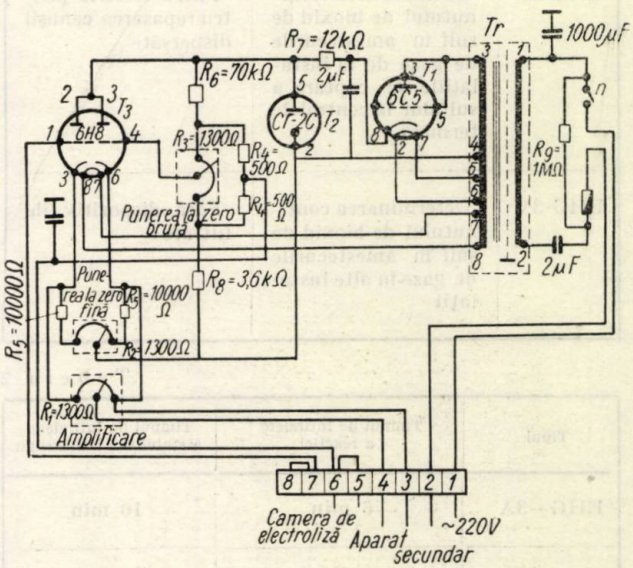


Fig. 7. Dispozitivul de separare EPG-2

electrozii de măsură (care nu pot debita un curent mai mare decît 0,01—0,05 μA şi care în consecinţă pretind o rezistenţă de sarcină de valoare ridicată) şi sarcina finală, care constituie o rezistenţă de sarcină relativ mică (circa 1 k Ω). În felul acesta, curentul solicitat de la aceşti electrozi nu depăşeşte 10^{-3}μA. Semnalul iniţial de la electrozi se aplică pe grila primei triode a tubului 6N8.

Pe grila celei de-a doua triode se aplică o negativare egală cu tensiunea iniţială dintre electrozii de măsură şi de semn contrar. Punctul de zero electric se obţine prin reglarea potenţiometrelor R_2 şi R_3. Variaţia semnalului iniţial aplicat pe grila primei triode duce la apariţia unei tensiuni de dezechilibru la ieşirea dispozitivului. Această tensiune se aplică la intrarea aparatului secundar, care este un potenţiometru electronic, care reprezintă o modificare a potenţiometrului electronic de tip EPD 12.

Caracteristici tehnice.

În funcţie de condiţiile de utilizare, gazoanalizatorul EHG-3 se fabrică în trei tipuri descrise în tabela 1 :

Alimentarea de la reţeaua de curent alternativ: 220 V ± 10%.
Frecvenţa : 50 Hz ± 1%.
Putere consumată : 150—160 W.
Scara : 0—0,5% şi 0—0,1%.
Eroarea de bază a indicaţiilor aparatului nu depăşeşte ± 5% din valoarea maximă a scalei.
Întîrzierea începutului reacţiei, respectiv a stabilirii indicaţiilor, fără a ţine seama de întîrzierea în linia de luare a probei este dată în tabela 2.
Consumul de gaz : 10—15 l/h.
Presiunea gazului la intrarea în traductor trebuie să fie constantă şi anume să fie între limitele 800—1 500 mm col. apă.
Temperatura gazului : +10°...+40°C.
Amestecul de gaze nu trebuie să conţină componente care reacţionează cu iodul sau bioxidul de sulf (hidrogen sulfurat, oxizi de azot, clor, ozon etc.).

Tabela 1

Tipul	Destinaţia	Dispozitivul de filtrare
EHG-3A	Determinarea conţinutului în bioxid de sulf a amestecului de gaze după contactare în fabricaţia acidului sulfuric	Două coloane de absorbţie din oţel inoxidabil care servesc pentru eliberarea gazului de urmele de trioxid de sulf
EHG-3B	Determinarea conţinutului de bioxid de sulf în amestecurile de gaze de la instalaţiile de captare a sulfului la centralele termice	Filtru electric pentru repasarea cenuşii dispersate
EHG-3V	Determinarea conţinutului de bioxid de sulf în amestecurile de gaze în alte instalaţii	Fără dispozitiv de filtrare

Tabela 2

Tipul	Timpul de întîrziere a reacţiei	Timpul de întîrziere a stabilirii indicaţiilor
EHG—3A	6 min	10 min
EHG—3B	1,5 min	4 min
EHG—3V	40 s	3 min

Distanţa maximă dintre blocul de separare şi traductor nu trebuie să depăşească 75 m, iar secţiunea conductoarelor nu trebuie să fie mai mică de 2,5 mm².

Gazoanalizatorul de absorbţie în infraroşu GIP-5 (fig. 8). Gazoanalizatorul GIP-5 este un aparat indicator-înregistrator, care serveşte la determinarea continuă a proporţiei

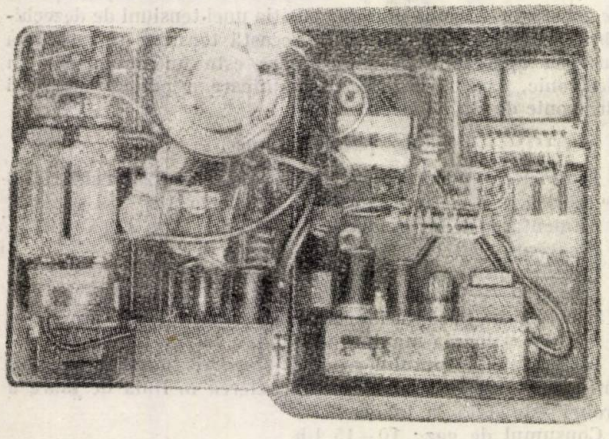


Fig. 8. Gazoanalizatorul GIP-5

unui component oarecare într-un amestec gazos. Funcţionarea gazoanalizatorului se bazează pe principiul absorbţiei selective a radiaţiei infraroşii de către componentul analizat. În aparat se utilizează metoda de măsurare prin compensaţie, reprezentată în fig. 9. Ca sursă de radiaţii infraroşii servesc două spirale de cromnichel încălzite, aşezate în focarul unor reflectoare parabolice.

În faţa fiecăruia din cele două radiatoare se găseşte cîte o cuvetă cilindrică, avînd la ambele capete cîte o fereastră din mică (sau alt material transparent pentru radiaţiile infraroşii). Una din cuvete este umplută cu aer purificat şi este legată de exterior printr-un tub cu filtru, eare serveşte la absorbţia bioxidului de carbon, întrucît acesta, în cazul pătrunderii în cuvetă, ar duce la falsificarea rezultatului analizei.

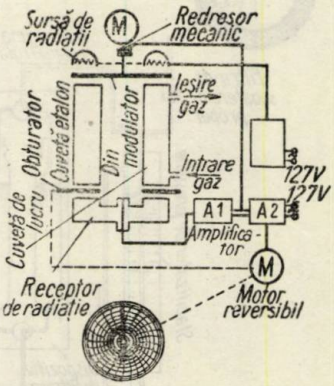


Fig. 9. Schema de principiu a gazoanalizatorului GIP-5

Această cuvetă serveşte drept etalon. Cea de-a doua cuvetă (cuveta de lucru) comunică cu conducta de aducţiune a gazului de analizat printr-un ştuţ, iar printr-un alt ştuţ, cu exteriorul. Prin această cuvetă circulă în mod continuu gazul de analizat. Între cuvete şi radiatoare este interpus un disc sectorizat acţionat de un motor, care serveşte la modularea radiaţiei infraroşii prin întreruperi cu o frecvenţă de circa 6 Hz (modulator optic). La capătul opus al cuvetelor se găsesc două camere alăturate, ai căror pereţi adiacenţi sînt

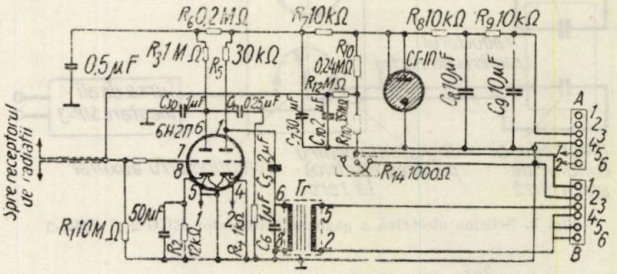


Fig. 10. Schema treptei de amplificare

metalici şi servesc drept armături ale unui condensator. Una din aceste armături este executată din foiţă de aluminiu, cu o grosime de 5μ. Pereţii adiacenţi cuvetelor se execută din mică (celule receptoare de radiaţie). Aceste celule sînt umplute cu un amestec gazos de azot plus componentul gazos detectat.

Fluxul modulat de radiaţii, după ce trece prin cuvete, este absorbit de receptorul corespunzător, producînd oscilaţii de presiune ale gazului pe care-l conţine în ritmul modulaţiei, oscilaţii ce se transmit membranei condensatorului, variindu-i în acest fel capacitatea în mod corespunzător. În cazul în care gazul care trece prin cuveta de lucru nu conţine componenta căutată, fluxul absorbit de fiecare din camerele receptoare este identic, şi deci nu se produce nici o diferenţă de presiune a membrana condensatorului. În cazul în care în cuveta de lucru apare componenta de analizat, aceasta absoarbe o cantitate din radiaţiile infraroşii, camera receptoare corespunzătoare acestei cuvete va recepţiona un flux de radiaţii mai redus decît camera corespunzătoare cuvetei etalon, ceea ce duce la apariţia unei diferenţe de presiune, care acţionează asupra membranei condensatorului. Tensiunea alternativă de frecvenţă fixă, însă de amplitudine proporţională cu cantitatea de componentă analizată, se aplică la intrarea unei trepte de amplificare (fig. 10).

Tensiunea de ieşire a acestui amplificator se redresează printr-un redresor mecanic, coaxat cu discul modulator optic, ceea ce asigură un sincronism perfect al procesului de redresare.

Tensiunea redresată obţinută se ondulează cu o frecvenţă de 50 Hz şi se aplică la intrarea celei de-a doua trepte de

amplificare, constituită de un amplificator de putere. Acest amplificator debitează pe excitaţia unui motor reversibil, care acţionează pe de o parte dispozitivul indicator şi înregistrator, iar pe de altă parte un obturator intercalat între cuveta etalon şi receptorul corespunzător de radiaţii. Acest obturator se deplasează pînă ajunge la o poziţie în care fluxul recepţionat de camera receptoare a cuvetei etalon devine egal cu fluxul recepţionat de camera receptoare a cuvetei de lucru.

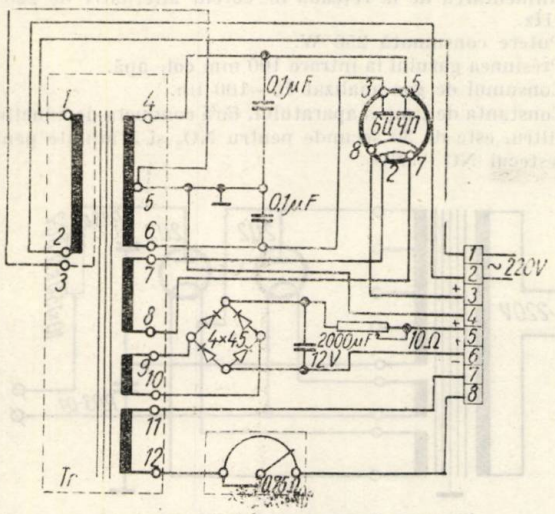


Fig. 11. Schema blocului de alimentare

Tabela 3

Componenta analizată	Amestecul gazos, în care se găseşte componenta analizată	Scara aparatului	Eroarea indicaţiilor, % faţă de scara indicaţiilor
Oxid de carbon	Aer din încăperi industriale	0—0,05	±10
Oxid de carbon	Amestec azot-hidrogen la sinteza amoniacului	0—0,1	±5
Oxid de carbon	Gazul de conversie la sinteza amoniacului	0—10	±5
Bioxid de carbon	Amestec azot-hidrogen la sinteza amoniacului	0—10	±5
Bioxid de carbon	Gazul după spălarea cu apă la sinteza amoniacului	0—5	±5
Metan	Amestecul azot-hidrogen de circulaţie la sinteza amoniacului	0—10	±5
Metan	Amestecul azot-hidrogen de circulaţie la sinteza amoniacului	0—20	±5
Amoniac	Amestecul azot-hidrogen de circulaţie la sinteza amoniacului	0—5	±5
Amoniac	Amestecul azot-hidrogen de circulaţie la sinteza amoniacului	0—15	±5
Amoniac	Amestecul azot-hidrogen de circulaţie la sinteza amoniacului	0—25	±5

Din punct de vedere constructiv, gazoanalizatorul este executat dintr-un potenţiometru electronic de tip EPD-12, în corpul căruia este introdus întregul ansamblu descris mai sus. Blocul de alimentare (fig. 11) este executat dintr-o cutie separată, prinsă de peretele din spate al potenţiometrului automat.

Blocul de alimentare are un transformator cu patru bobinaje secundare, care servesc la alimentarea cu tensiune anodică a primului amplificator, la alimentarea filamentului tubului redresor, pentru alimentarea radiatoarelor de infraroşu şi pentru alimentarea filamentului tubului preamplificator. Această din urmă tensiune este mai întîi redresată printr-o punte cu şaibe de seleniu şi se filtrează printr-un condensator de 2 000 F. Acest lucru este necesar pentru a evita modulaţia parazită de 50 Hz de la reţea, modulaţia utilă fiind tot de 50 Hz. Gazoanalizatoarele de tip GIP-5 se fabrică pentru determinarea cantităţilor componentelor date în tabela 3.

Caracteristici tehnice.

Alimentarea de la reţeaua de curent alternativ 220 V±10%, 50 Hz±1%.

Puterea nominală circa 90 W.

Constanta de timp a aparatului 30 s.

În condiţii normale, presiunea gazului la intrare trebuie să fie de circa 100 mm col. apă. Presiuni peste 190 mm col. apă şi sub 10 mm col. apă nu se admit.

Consumul de gaz analizat circa 100 l/h.

Temperatura gazului de analizat +10°...+35°C.

Temperatura mediului exterior +10...+35°C şi umiditatea relativă 30—80%.

Gazele analizate nu trebuie să conţină substanţe agresive şi praf.

4. **Fotocolorimetru automat pentru oxizi de azot AFK-3** (fig. 12 şi 13). Aparatul serveşte la determinarea fotocolorimetrică a proporţiei oxizilor de azot NO_2 şi NO în gazele de evacuare la fabricarea acidului sulfuric în turnuri, fabricarea acidului azotic şi în alte cazuri în care concentraţia acestor oxizi nu depăşeşte 1%.

Fig. 12. Traductorul fotocolorimetrului AFK-3

Aparatul se bazează pe măsurarea transparenţei gazului de analizat în funcţie de concentraţia de bioxid de azot colorat în galben-brun. Gazul de analizat trece printr-un prim tub colorimetric cu o viteză atît de mare, încît monoxidul de azot nu se poate oxida pînă la bioxid, întrucît în această primă secţiune se determină concentraţia numai a bioxidului de azot. În al doilea tub colorimetric în care se controlează suma cantităţilor de NO şi NO_2, gazul trece cu o viteză mică, rămînînd în tub 5—7 min, timp în care oxidul de azot are timp să se oxideze în bioxid de azot.

Tuburile colorimetrice lucrează într-un regim de temperatură ridicată (50—60°C), pentru a se împiedica formarea aerosolilor de acid azotic. Viteza gazului care trece prin colorimetru se păstrează constantă, printr-un stabilizator de presiune. Scala aparatului indicator se divizează în procente de NO_2, în intervalul 0—1%. Eroarea maximă a indicaţiilor nu depăşeşte 10% din indicaţia întregii scale.

Aparatul este format din următoarele blocuri (fig. 14):

a) **Filtrul electric, care serveşte pentru eliberarea gazului de**

suspensiile de acid sulfuric şi impurităţile mecanice. Acesta este constituit dintr-o ţeavă cu diametrul de 18 mm şi lungimea de 320 mm, prin centrul căruia trece un fir de platină. Tubul şi firul constituie electrozii filtrului, între care se aplică

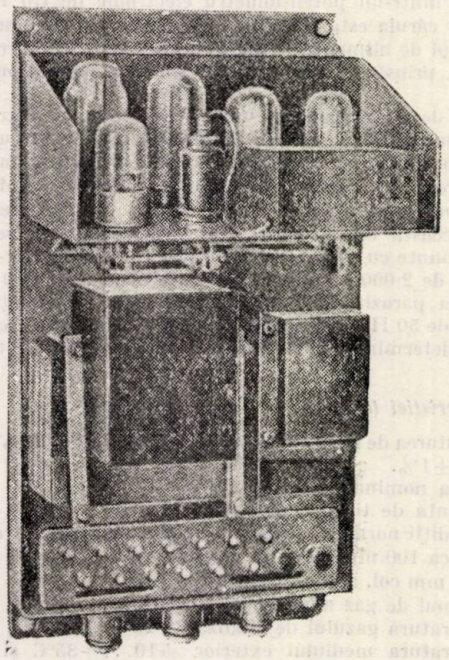


Fig. 13. Blocul stabilizator amplificator

o tensiune de 1—5 kV. Acidul sulfuric condensat se scurge de pe pereţii filtrului într-un mic rezervor aşezat în partea de jos, de unde se îndepărtează din timp în timp.

b) Blocul de alimentare cu înaltă tensiune. Acest bloc, conţine transformatorul, redresoarele şi filtrul corespunzător, cum şi o rezistenţă de 1,5 M Ω pentru protecţia împotriva scurtcircuitului (fig. 15).

c) Blocul traductiv, care conţine elementele traductorului propriu-zis : sursa luminoasă alimentată cu tensiune continuă

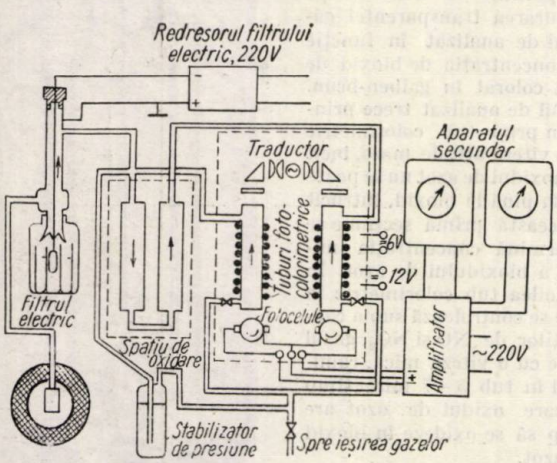


Fig. 14. Schema de principiu a gazoanalizatorului AFK-3

stabilizată, tuburile colorimetrice, celulele fotoelectrice receptoare, cum şi spaţiul de oxidare.

d) Blocul stabilizator-amplificator, care conţine următoarele elemente :

stabilizatorul tensiunii de alimentare a sursei luminoase ;
amplificatorul curenţilor fotoelectrici ;
redresorul de alimentare a aparatului.

e) Aparatele secundare, care pot fi : potenţiometru electronic de tip EPP-09 şi EPD, sau milivoltmetre indicatoare cu scala de 17 mV.

Caracteristici tehnice

Alimentarea de la reţeaua de curent alternativ de 220 V, 50 Hz.

Putere consumată 250 W.

Presiunea gazului la intrare 100 mm col. apă.

Consumul de gaz analizat 75—100 l/h.

Constanta de timp a aparatului, fără conducta de aducţiune şi filtru, este de 30 secunde pentru NO_2 şi 5 minute pentru amestecul $NO + NO_2$.

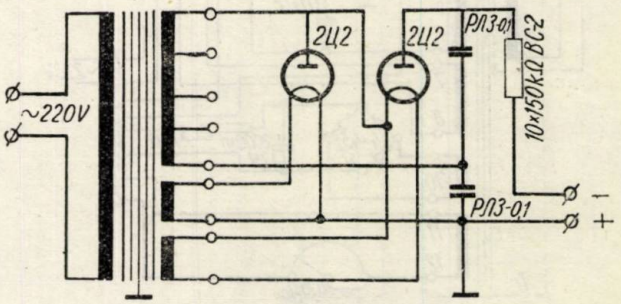


Fig. 15. Schema redresorului filtrului electric

Observaţii finale

Tipurile de gazoanalizatoare descrise, datorită grupării în blocuri demontabile, în mod compact, sînt foarte uşor de întreţinut şi de verificat.

Includerea acestor gazoanalizatoare în schemele de automatizare este uşor de realizat, dat fiind că aceste aparate sînt incluse în mod direct în blocurile potenţiometrelor automate de tip EPD. De asemenea, aceste gazoanalizatoare pot fi prevăzute cu contacte electrice, astfel încît pot fi incluse în scheme de reglare discontinuă.

Dintre aparatele prezentate, gazoanalizatorul de tip AFK-3 reprezintă prima realizare de acest fel de tip fotocolorimetric, servind pentru determinarea conţinutului de oxizi de azot într-un amestec gazos.

De asemenea, gazoanalizatoarele electrochimice EHG-2 şi EHG.3 reprezintă prima utilizare a acestui principiu de măsurare pentru determniarea conţinutului de bioxid de sulf în amestecuri gazoase.

5. Concluzii

Tipurile de gazoanalizatoare descrise în articol, împreună cu cele enumerate, constituie numai o mică parte dintre multitudinea de aparate moderne speciale, elaborate în ultima vreme pentru satisfacerea cerinţelor de măsurare şi automatizare în industria chimică.

Se remarcă importantul rol pe care-l joacă utilizarea mijloacelor electronice în construcţia acestei aparaturi, datorită însemnatelor avantaje oferite de acestea.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Avtomatizaţia himiceskih i koksohimiceskovo proizvodstvo*, Vsesoiuznîi institut naucinoi i tehniceskoi informaţii, Metalurgizdat, Moscova, 1958.

[2] *Elektrohimiceskii gazoanalizator tip EHG-2 na sermistîi gaz*, Ministerstvo Himiceskoi Promîşlennosti SSSR. Moscova, 1957.

[3] *Elektrohimiceskii gazoanalizator tipa EHG-3 na sermistîi gaz*, Goruarstevennîi Komitet Soveta Ministrov S.S.S.R. no Himii, Moscova, 1958.

[4] *Gazoanalizator tipa GIP-5*, Ministerstvo Himiceskoi Promîşlennosti SSSR., Moscova, 1958.

[5] *Avtomaticeskii fotokolorimetr tipa AFK-3 na okisli azota*. Ţentralnoe Biuro Tehniceskoi Informaţii Maşinostroenia, Moscova, 1958.

I. P. 2, c. 4762

СОДЕРЖАНИЕ

От реоакции :

Новые тенденции в автоматике

Automatica şi electronica, 4 (1960) № 1, стр. 1.

ДК 621—533.6 :669.041 :621.783

PAPADACHE, I. и ŞAPSA, M. :

Автоматизация промышленных печей (II)

Automatica şi electronica 4 (1960) № 1. стр. 2—10.

Показаны схемы автоматизированных печей, осуществленные в металлургической промышленности различных стран, с помощью которых достигнуты положительные результаты.

ДК 531.784:622.276.53

ANDREI, AL. и NICULESCU, CL. :

Приборы для централизованного контроля диаграммы на глубоконасосных нефтяных скважинах

Automatica şi electronica 4 (1960) № 1 стр. 11—14.

Описывается сконструированная в Румынии установка дистанционного измерения изменения напряжений в полированном штоке в зависимости от хода. Подробно освещается вопрос датчика нагрузок магнитоэластичного типа.

ДК 621—52 :621.314.7

HERŞCOVICI, H. и CĂLUŞIŢĂ, M. :

Применение транзисторов в автоматических промышленных установках

Automatica şi electronica 4 (1960) № 1 стр. 15—21.

Освещаются отдельные вопросы возникающие в случае применения транзисторов в установках автоматической регулировки. В заключение описывается конструкция электронной части регулятора, сконструированного И. Ч. Е. Т.

ДК 621.3.014.31.025

HÂNGĂNUŢ, M. и DRAHNY, M. :

Искусственное возбуждение цепи электрической дуги переменного тока

Automatica şi electronica 4 (1960) № 1, стр. 21—27.

ДК 621.317.311 :621.319.4—26

HERŞCOVICI, H. и BOROCIN, L. :

Вибрационный конденсатор и его применение в электрометрии

Automatica şi electronica 4 (1960) № 1, стр. 28—33.

Вкратце излагается теория вибрационных конденсаторов, после чего дается описание вибрационного конденсатора, сконструированного И.Ч.Е.Т., с указанием полученных результатов.

ДК 621.384.611:621.317.4

INDREAŞ, G., OGNEV, A. A. и SCEGOLEV, V. A. :

Магнитые измерения циклотрона

Automatica şi electronica 4 (1960) № 1, стр. 33—37.

После краткого изложения условий необходимых для нормальной работы магнитного поля циклотрона и методов их осуществления, показаны три из наиболее важных методов измерения магнитного поля ускорителей, причем проводится критическое сравнение.

ДК 537.6523/.525 :538.56.029.5

ТОТН, T. :

Электронная аппаратура для изучения условий образования высокочастотных разрядов

Automatica şi electronica 4 (1960) № 1, стр. 38—43.

Показан механизм возникновения высокочастотных разрядов. Описана экспериментальная установка для изучения образования плазмы под действием электрического поля высокого направления. Приведены экспериментальные результаты.

ДЛЯ МОЛОДОГО ИНЖЕНЕРА, стр. 44—48.

INHALTSVERZEICHNIS

LEITARTIKEL :

Neue Entwicklungsrichtungen in der Automatik.

Automatica şi electronica, 4 (1960) H. 1, S. 1.

DK 621—533.6. :669 041 :621.783

PAPADACHE, I. u. SAPSA, M. :

Selbstregelung industrieller Öfen (II)

Automatica şi electronica, 4 (1960) H. 1, S. 2—10.

Es werden Schaltungen von selbstgeregelten Öfen dargelegt, die in der metallurgischen Industrie verschiedener Länder entwickelt wurden und zufriedenstellende Ergebnisse gegeben haben. Es werden die Probleme angeführt, die von verschiedenen Öfen (aus Schmieden, Giessereien. Walzabteilungem Siemens-Martin-Öfen) gestellt werden. Einige Schaltungen verwenden moderne Selbstregelungsgeräte, die die Ausführung einiger wirksameren Schaltungen gestattet.

DK 531.784 :622.276.53

ANDREI, A. u. NICULESCU, CL. :

Geräte zur zentralisierten Kontrolle der Pumpdiagramme bei Bohrtürmen für Erdölgewinnung.

Automatica şi electronica, 4 (1960) H. 1, S. 11—14.

Es wird eine im Lande hergestellte Anlage beschrieben, die als Zweck die Fernmessung des Diagramms der Spannungsänderung in der polierten Stange, als Funktion des Weges. Eingehender wird das Problem des Lastgebers vom magnetoelastischen Typ, behandelt.

DK 621—52 :621.314.7

HERŞCOVICI, H. u. CĂLUŞIŢĂ, M. :

Verwendung von Transistoren in industriellen Selbstregelungsanlagen.

Automatica şi electronica, 4 (1960) H. 1, S. 15—21.

Es werden die spezifischen Probleme angeführt, die bei der Verwendung von Transistoren in Selbstregelungsanlagen auftreten. Es werden dargestellt : Anpassungskreise des Gebers an den Steuerteil, der Betrieb des Transistors als Relais, Modelungs-und Entmodelungskreise, Endstufen der Transistorenverstärker aus dem Steuerteil, die Erzielung der gewünschten Übertragungsfunktion in Steuerteil. Zum Abschluss wird der elektronische Teil eines im Institut für elektrotechnische Forschungen (I.C.E.T.) gebauten Reglers beschrieben.

DK 621.3.014.025

HÂNGĂNUŢ, M. u. DRAHNY, M. :

Der Kreis eines künstlich erregten elektrischen Wechselstrombogens.

Automatica şi electronica, 4 (1960) H. 1, S. 21—27.

Es werden die mathematischen Ausdrücke der elektrischen Grössen eines künstlich erregten Wechselstrombogens ermittelt. Es werden Diagramme mit der Darstellung der wichtigsten Parameter des Kreises als Funktion des Erregungsmomentes gegeben.

DK 621.317.311 :621.319.4—26

HERŞCOVICI, H. u. BOROCIN, L. :

Der vibrante Kondensator und seine Verwendung in der Elektrometrie.

Automatica şi electronica, 4 (1960) H. 1, S. 28—33.

Es wird die Theorie der vibranten Kondensatoren kurz dargelegt, worauf ein im Institut für elektrotechnische Forschungen (I.C.E.T.) hergestellter vibranter Kondensator beschrieben wird, mit Angabe der erzielten Ergebnisse.

DK 621.384.611 :317.4

INDREAŞ, G., OGNEV, A. A. u. SCEGOLEV V. A. :

Magnetische Messungen bei einem Zyklotron.

Automatica şi electronica, 4 (1960) H. 1, S. 33—37.

Nach einer kurzen Darlegung der Bedingungen, die das magnetische Feld des Zyklotrons für einen normalen Betrieb erfüllen muss und der Methoden zu ihrer Erzielung, werden drei der wichtigsten Messverfahren des Magnetfeldes von Beschleunigern, mit einem kritischen Vergleich, beschrieben.

DK 537.523/.525 :538.56 029.5

TOTH, T. :

Elektronische Geräte zur Untersuchung der Entstehung von Hochfrequenzentladungen.

Automatica şi electronica, 4 (1960) H. 1, S. 38—43.

Nach dem die Vorgänge angeführt werden, durch welche eine Hoch, frequenzentladung entsteht, wird eine Versuchsanlage beschrieben die den Zweck hat, die Plasmabildung unter der Wirkung des elektrischen Hochfrequenzfeldes zu untersuchen. Es werden Versuchsergebnisse mitgeteilt.

FÜR DEN JUNGEN INGENIEUR, S. 44—48.

SOMMAIRE

EDITORIAL :

Nouvelles tendances dans l'automation

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 1, p. 1.

CD 621—533.6 :660.041 :621.783

PAPADACHE, I. et SAPSA, M. :

Automation des fours industriels (II)

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 1, p. 2—10.

On présente les schémas des fours automatisés réalisés dans l'industrie métallurgique des différents pays et qui ont donné des résultats satisfaisants. On expose les problèmes posés par les différents fours (fours de forge, fours de fonderie, fours des sections de laminage, fours Siemens-Martin). Certains schémas utilisent l'appareillage moderne d'automation qui permet la réalisation de schémas plus efficaces.

CD 531.784 :622.276.53

ANDREI, AL. et NICULESCU, CL. :

Appareillage pour le contrôle centralisé des diagrammes de pompage, aux sondes d'extraction pétrolière.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 1, p. 11—14.

On présente une installation réalisée dans le pays, ayant pour but la mesure à distance du diagramme de variation des efforts dans la tige polissée, en fonction de la course. On traite plus largement le problème du traducteur de charge, de type magnétoélastique.

CD 621—52 :621.314.7

HERŞCOVICI, H. et CĂLUSITĂ, M. :

Utilisation des transistors dans les installations automatiques industrielles.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 1, p. 15—21.

On montre les problèmes caractéristiques qui apparaissent à l'utilisation des transistors dans les installations de réglage automate. On expose : les circuits d'adaptation du traducteur au bloc de commande, le fonctionnement du transistor comme relais, les circuits de modulation et de démodulation, les étages finaux des amplificateurs à transistors du bloc de commande, la réalisation de la fonction de transfert désirée aux blocs de commande. En conclusion on présente la partie électronique d'un régulateur construit à l'I.C.E.T.

CD 621.3.014.31.025

HĂNGĂNUT, M. et DRAHNY, M. :

Le circuit d'un arc électrique à courant alternatif, à amorçage artificiel.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 1, p. 21—27.

On établit les expressions mathématiques des grandeurs électriques du circuit d'un arc électrique à courant alternatif à amorçage artificiel. On donne des graphiques de base du circuit en fonction du moment d'amorçage.

CD 621.317.311 :621.319.4—26

HERŞCOVICI, H. et BOROCIN, L. :

Le condenseur vibrant et son utilisation en électrométrie.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 1, p. 28—33.

On présente de façon succincte la théorie des condenseurs vibrants, après quoi on décrit un condenseur vibrant réalisé à l'I.C.E.T., en indiquant les résultats obtenus.

CD 621.384.611 :621.317.4

INDREAŞ, G., OGNEV, A. A. et SCEGOLEV, V. A. :

Mesures magnétiques sur le cyclotron.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 1, p. 33—37.

Après un bref exposé des conditions qui doivent être remplies par le champ magnétique du cyclotron en vue d'un fonctionnemet normal, ainsi que les méthodes employées à leur réalisation, on présente trois des plus importantes méthodes de mesurer le champ magnétique des accélérateurs, en faisant une comparaison critique.

CD 537.523/.525 :538.56.029.5

TOTH, T. :

Appareillage électronique pour l'étude des décharges en haute fréquence.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 1, p. 38—43.

Après avoir présenté le mécanisme de la production des décharges en haute fréquence, on décrit une installation expérimentale destinée à l'étude de la formation du plasma sous l'action du champ électrique de haute fréquence. On donne des résultats expérimentaux.

POUR LE JEUNE INGÉNIEUR, p. 44—48

1883

CONTENTS

EDITOR :

New trends in automatics

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 1, p. 1.

DC 621—533.6 :659.041 :.783

PAPADACHE, I. and SAPSA, M. :

The automation of industrial furnaces (II).

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 1, p. 2—10.

The schemes of automatic furnaces realised in the metallurgic industry of different lands are presented, which have given satisfactory results. The problems given by different furnaces (forge furnaces, foundry furnaces, furnaces for rolling works, Simens-Martin furnaces) are shown. Some schemes utilise modern automation equipment which allows the realisation of some more efficient schemes.

DC 531.784 :622.276.53

ANDREI, AL. and NICULESCU, CL. :

Equipment for the centralised control of pumping at the oil wells.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 1, p. 11—14.

An installation, realised in our country, is presented which has the purpose of telemetering the diagram of the variation of the efforts in the polished rod, dependent on the stroke. The problem of the charge transducer of magnetoelastic type is treated more extensively.

DC 621—52 :621.314.7

HERŞCOVICI, H. and CĂLUSITĂ, M. :

The use of transistlors in industrial automatic-control installations.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 1, p. 15—21.

The characteristic problems are shown, which appear in the use of transistors in automatic control systems. The following features are presented : the matching circuit of the transducer to the control block, the working of the transducer to the control block, the working of the transitor as relay, modulation and demodulation circuits, the final stages of the amplifiers with transistors in the control block, the realisation of the desired transfer function in the control block. At the end the electronic part of a regulator is presented, constructed at I.C.E.T. (the Institute of Electrotechnical Researches).

DC 621.3.014.31.025

HĂNGĂNUT, M. and DRAHNY, M. :

The circuit of an alternating current electric-arc started artificially.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 1, p. 21—27.

The mathematical expressions of the electric quantities are established, in the circuit of an artificially started alternating current electric arc. Graphs are given which represent the values of fundamental parameters of the circuit, as a function of the starting moment.

DC 621.317.311 :621.319.4—26

HERŞCOVICI, H. and BOROCIN, L. :

The vibrating condenser and its use in electrometry.

Automatica şi electronica 4 (1960) no. 1, p. 28—33.

The theory of the vibrating condensers is briefly presented, after which a vibrating condenser is described, realised, at I.C.E.T. and the results obtained are given.

DC 621.384.611 :621.317.4

INDREAŞ, G., OGNEV, A. A. and SCEGOLEV, V. A. :

Magnetic measurements applied to cyclotrons.

Automatica şi electronica 4 (1960) no. 1, p. 33—37.

After a brief exposure of the conditions which have to be fulfilled by the magnetic field of the cyclotron in order to assure a normal working and the methods of their realisation, three of the most important measurerement methods of the magnetic field at the accelerators are presented, with a critical comparison.

DC 537.523/.525 :538.56.029.5

TOTH, T. :

Electronic equipment for the study of the generation of high frequency discharges.

Automatica şi elctronica, 4 (1960) no. 1, p. 38—43.

After the process of generating high frequency discharges is presented, an experimental installation is described for the study of the formation of the plasma under the action of the electric field of high frequency. Experimental results are given.

FOR THE YOUNG ENGINEER, p. 44—48

INGINERI ŞI TEHNICIENI

ABONAŢI-VĂ din timp pe anul 1960 la revistele tehnice de specialitate, elaborate de Asociaţia Ştiinţifică a Inginerilor şi Tehnicienilor, care aduc la cunoştinţă cadrelor tehnice din producţie, învăţământ, cercetare şi proiectare, ultimele realizări obţinute în ştiinţele tehnice din ţară şi străinătate.

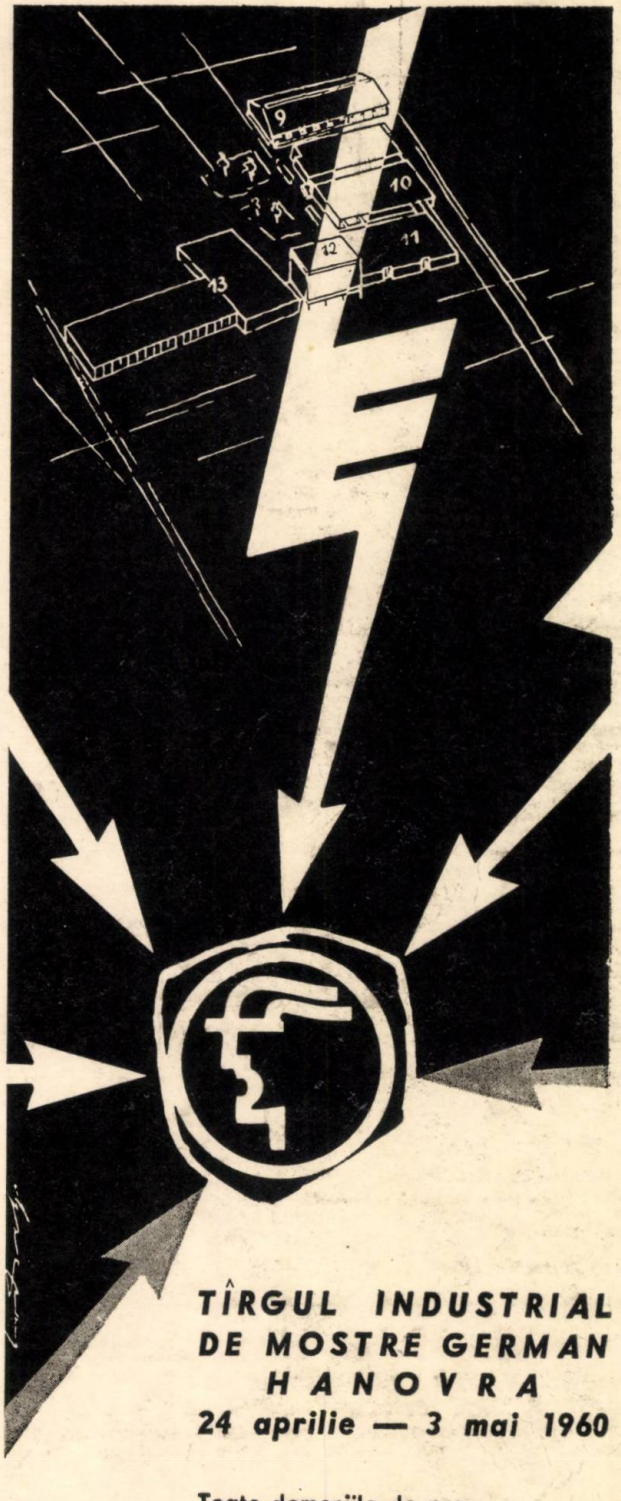
Apar

AUTOMATICA ŞI ELECTRONICA
CELULOZA ŞI HIRTIE
ELECTROTEHNICA
ENERGETICA
HIDROTEHNICA
INDUSTRIA LEMNULUI
INDUSTRIA TEXTILĂ
INDUSTRIA UŞOARĂ
METALURGIA ŞI CONSTRUCŢIA DE MAŞINI
PETROL ŞI GAZE
REVISTA CONSTRUCŢIILOR ŞI A MATERIALELOR DE CONSTRUCŢII
REVISTA DE CHIMIE
REVISTA INDUSTRIA ALIMENTARĂ—PRODUSE ANIMALE
REVISTA INDUSTRIA ALIMENTARĂ—PRODUSE VEGETALE
REVISTA MINELOR
REVISTA PĂDURILOR
REVISTA TRANSPORTURILOR
TELECOMUNICAŢII

Un abonament anual pentru ingineri şi tehnicieni lei 30, pentru biblioteci, instituţii, cabinete tehnice etc. lei 100, prin cont virament nr. 070124 B.R.P.R.-Filiala I. V. Stalin.

Abonamentele se primesc la sediul Consiliului Central A.S.I.T.

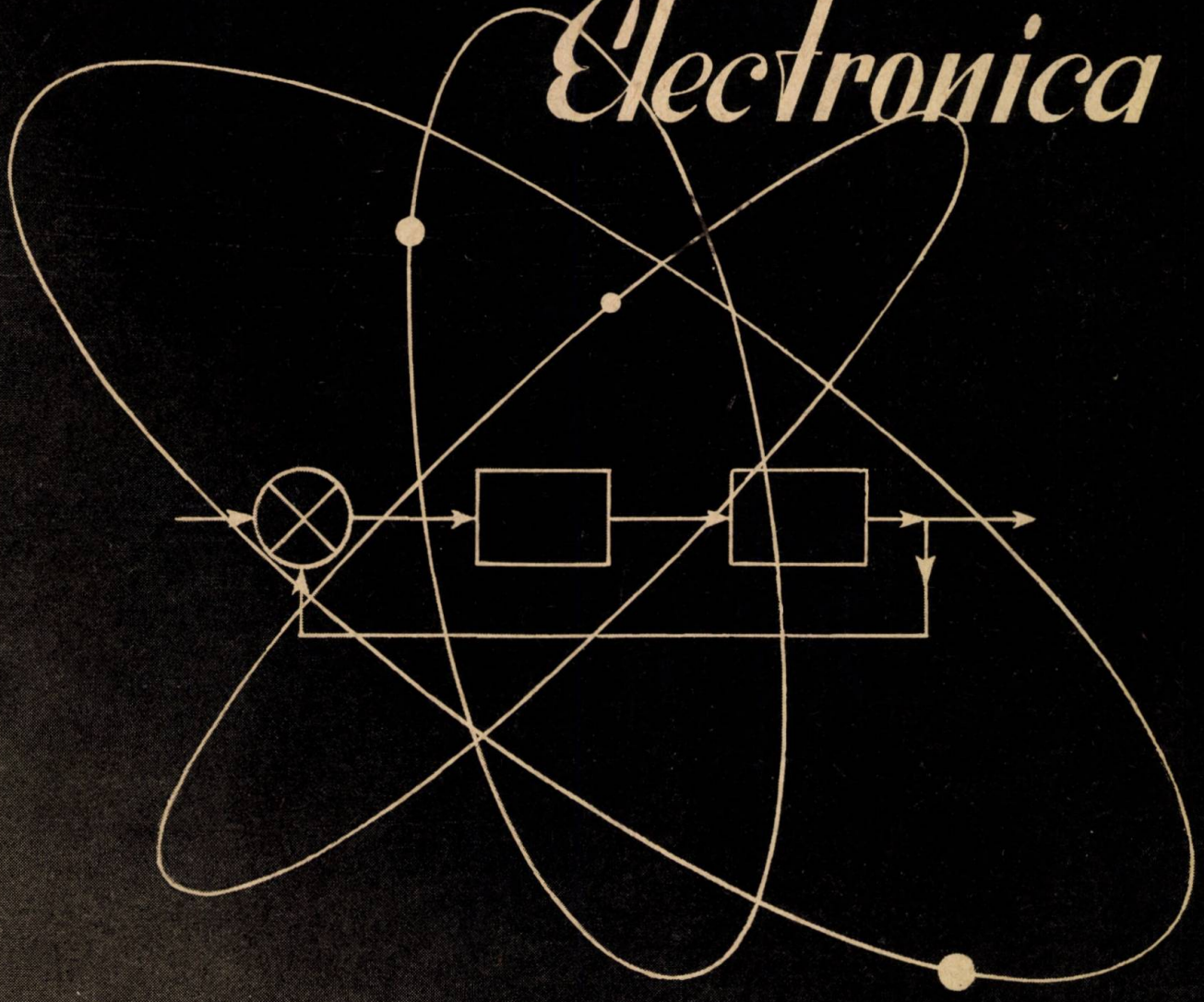
Bucureşti — Calea Victoriei Nr. 118 — Raionul I. V. Stalin — Telefon 14-06-24.



TÎRGUL INDUSTRIAL DE MOSTRE GERMAN HANOVRA
24 aprilie — 3 mai 1960

Toate domeniile de producere şi de transformare a electricităţii, de distribuire de curent şi de aplicare a energiei electrice inclusiv, electronica

Automatica și Electronica



E 2551

VOL. 4
1960
Nr. 2
MARTIE
APRILIE
P. 49 — 96
BUCUREȘTI

Recomandări privind întocmirea articolelor tehnico-științifice

1. FONDUL ARTICOLELOR

1.1. *Lucrări* **ce pot fi prezentate spre publicare :**

1.1.1. *De importanță generală* **(principii noi, dispoziții noi, rezultate experimentale originale, studii teoretice inedite ale unor fenomene fizice și procese tehnice cu caracter general).**

1.1.2. *Tehnico-științifice speciale, teoretice sau experimentale* **avînd contribuții originale dar referindu-se la un domeniu de specialitate restrîns (extinderea valabilității unor dispoziții, aplicarea unor teorii sau metode cunoscute la o problemă nouă, rezultate experimentale inedite sau de control) ;**

1.1.3. *Tehnice obișnuite* **(expunerea studiului unor probleme tehnico-științifice, discuții și critici ale unor rezultate cunoscute etc.).**

1.2. *Legătura cu practica* **muncii de cercetare, proiectare învățămînt, producție este condiția esențială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuție trebuie să se refere la probleme noi și actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde considerații privind eficiența economică a soluțiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.**

1.3. *Verificarea experimentală* **se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.**

1.4. *Lucrările* **care au mai fost publicate integral sau parțial nu pot fi trimise redacției spre publicare.**

2. FORMA ARTICOLELOR

2.1. *Organizarea* **lucrării**

2.1.1. *Titlul* **va prezenta, în minimum de cuvinte, obiectul lucrării.**

2.1.2. *Numele* **autorului va fi precedat de prenume.**

2.1.3. *Un scurt rezumat* **fixînd premisele de la care s-a pornit problema studiată și cadrul în care este tratată nedepășind 6—8 rînduri se va anexa lucrării.**

2.1.4. *Împărțirea* **pe capitole se va face cu cîteva subtitluri potrivit alese, în număr strict necesar pentru o expunere clară a ideilor și înlesnirea orientării.**

2.1.5. *Textul.* **În introducere, se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei și în preocupările producției ; de asemenea se arată scopul lucrării, subliniindu-se expres contribuția autorului. Tratarea va trebui să fie unitară permițînd inteligibilitatea fără dificultăți a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstrații voluminoase, de asemenea se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.**

2.1.6. *Concluziile* **vor concentra rezultatele obținute, cu indicarea limitei de valabilitate și aplicațiile posibile.**

2.1.7. *Anexele* **pot cuprinde demonstrații originale sau absolut necesare înțelegerii formulelor din text ; de asemenea, în anexe se pot da exemple de calcul în cazul articolelor care necesită asemenea exemple.**

2.1.8. *Citarea literaturii de specialitate.* **Afirmațiile luate din alte lucrări și care nu sînt general cunoscute vor fi referite la lista bibliografică de la sfîrșitul lucrării. Referirea se face indicîndu-se poziția lucrării în lista bibliografică, în paranteze drepte.**

2.2. *Prezentarea* **lucrării**

2.2.1. *Nivelul* **articolelor va fi înalt.**

2.2.2. *Stilul.* **Redactarea va fi clară și concisă. Ortografia va fi în concordanță cu regulile Academiei R.P.R. Nu se admit prescurtări, cu excepția celor unanim cunoscute.**

2.2.3. *Dezvoltările matematice* **vor fi limitate la cele absolut necesare înțelegerii raționamentului matematic. Este suficient, în general, punerea în ecuație și indicarea rezultatelor. Pentru demonstrații se vor alcătui anexe (v. pct. 2.1.7).**

2.2.4. *Tabelele* **se vor folosi în cazul cînd date numerice importante nu pot fi reprezentate grafic satisfăcător. Nu se admite folosirea concomitentă a datelor numerice sub formă de tabelă și diagramă. Tabelele vor fi referite în text și se va indica sursa lor.**

2.2.5. *Materialul grafic ilustrativ* **(figuri, fotografii) va permite reprezentarea clară și intuitivă a unor idei, puncte de vedere. Ele trebuie să completeze expunerea din text și vor fi referite cu grijă în text indicîndu-se sursa lor.**

2.2.6. *Sistematizarea și numerotarea* **capitolelor se va face cu grijă evitîndu-se excesele. Se recomandă utilizarea sistemului zecimal.**

2.3. *Forma exterioară a lucrării*

2.3.1. *Terminologie, mărimi și unități.* **Se recomandă a fi conforme cu normele internaționale și STAS-urile în vigoare.**

2.3.2. *Scrierea formulelor.* **Se recomandă o atenție deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii și exponenții se vor scrie mai mici decît baza și așezați mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă literele majuscule, minuscule sau cele rusești, romane, grecești, germane etc.**
Numerotarea formulelor se va face în dreapta în paranteze rotunde.

2.3.3. *Figurile* **trebuie executate unitar și rațional. Ele vor fi numerotate în continuare. Fotografiile vor fi pe hîrtie strălucitoare alb-negru. Explicația figurilor se va face pe o pagină separată.**

2.3.4. *Notele* **din text se numerotează în continuare.**

2.3.5. *Citarea* **literaturii în text se face prin simpla indicare a poziției lucrării din cadrul listei bibliografice, în paranteze drepte, fără alte mențiuni.**

2.3.6. *Lista bibliografică* **se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît și figuri sau tabele), speciale cît și cele generale. Se vor indica toate datele în transcripții originale. Pentru cărți : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet (eventual și tradus, în paranteze), ediția, editorul, locul editării, anul. Pentru articole : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet original (eventual și tradus, în paranteze), revista, tomul, anul, numărul, pagina.**

2.3.7. *Scrisul la mașină* **al articolelor este recomandat cu insistență, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic. Se scrie pe o singură față, la două rînduri (2 000 semne pe pagină). În partea stîngă a foii se lasă o margine de 5 cm.**

2.3.8. *Paginația* **se face în continuare. Se recomandă un volum de 10—12 pagini pentru articole.**

2.3.9. *Expedierea.* **Lucrările (în dublu exemplar) vor fi prinse cu agrafe. Manuscrisul se expediază cu paginile întinse format A4 și cu plicul conținînd materialul grafic-ilustrativ anexat.**

3. RELAȚII CU REDACȚIA

3.1. Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicații.

3.2. Articolele se trimit cu o notă însoțitoare pe adresa redacției. În notă se va indica : titluri academice, funcțiuni, localitatea și adresa domiciliului, nr. de telefon.

3.3. Lucrările executate în cadrul diverselor instituții sau organizații vor purta aprobarea acestora de publicare.

3.4. Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare.

3.5. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 ore de la primire. Nu se admit modificări esențiale față de manuscris. Modificările importante ale manuscrisului cad în sarcina autorului.

Automatica și Electronica

Vol. 4 (1960) nr. 2 (martie—aprilie), p. 49—96

CUPRINS

CZ 621—533.6 : 666

PAPADACHE, I. și SAPSA, M. :

Automatizarea cuptoarelor industriale (III).

Automatica și electronica, 4 (1960) nr. 2, p. 49—59.

Se expun și se analizează scheme de automatizare a cuptoarelor încălzite cu gaz din industria cimentului, a varului, a cărămizilor, porțelanului și sticlei. Se arată utilizarea mașinilor de calcul în acest domeniu și se dau în încheiere sugestii pentru un program de viitor în R.P.R. în privința automatizării cuptoarelor industriale.

CZ 621—52 : 661.56

SZEKELY, I. și IANCULESCU, GH. R. :

Automatizarea instalației pentru fabricarea acidului azotic

Automatica și electronica, 4 (1960) nr. 2, p. 59—65.

Se tratează problemele fundamentale ale reglării automate a instalației de fabricare a acidului azotic diluat la presiunea atmosferică. Se analizează procesul tehnologic și se indică modul de reglare a anumitor parametri tehnologici pentru optimalizarea acestui proces. Se indică automatizarea pe utilaje a procesului, cum și automatizarea complexă a întregii instalații.

CZ 621—53 : 621.38

HERȘCOVICI, H., CĂLUȘITĂ, M. și ȘERBAN, R. :

Tendințe moderne în construcția regulatoarelor automate electronice.

Automatica și electronica, 4 (1960) nr. 2, p. 65—70.

Se arată avantajele regulatoarelor automate electronice, caracteristicile acestora, stadiul actual în tehnica mondială și se fac propuneri pentru alegerea tendinței de dezvoltare a acestei fabricații în R.P.R.

CZ 681.142

ENDEȘ, I., ILIUȚĂ, C., FLORESCU, I. și STROE, I. :

Utilizarea dispozitivelor numerice pentru realizarea elementelor neliniare din calculatoare analogice.

Automatica și electronica, 4 (1960) nr. 2, p. 71—77.

După ce se indică metodele de transformare a mărimilor continue în mașini cifrice se expune realizarea unui dispozitiv menit să servească drept dispozitiv de ieșire la o mașină electronică analogă de calcul. Principiul adoptat a fost acela al transformării tensiunii continue de la ieșirea mașinii în intervalul de timp iar acesta în formă cifrică. Se insistă asupra erorilor introduse de acest dispozitiv și asupra metodelor de compensare.

CZ 621.375.121.2

KORITZER, A. :

Studiul și realizarea unui amplificator distribuit.

Automatica și electronica, 4 (1960) nr. 2, p. 77—82.

Se studiază schema principială a amplificatorului distribuit și se descrie realizarea unui astfel de amplificator cu indicarea performațelor conținute.

CZ 621.317.755 :087.87

VRÎNCEANU, R. :

Osciloscop biologic.

Automatica și electronica, 4 (1960) nr. 2, p. 82—86.

După succinta expunere a condițiilor impuse osciloscoapelor catodice destinate cercetătorilor bioelectrice se descrie schema unui osciloscop biologic construit de autor.

NOTE DE LABORATOR

CZ 621.373 : 621.387.426

MARTALOGU, N., MOLEA, M. și SCÎNTEIE, N. :

Formator de impulsuri cu durata sub 10^{-7} s.

Automatica și electronica, 4 (1960) nr. 2, p. 87—88.

PENTRU TINARUL INGINER

CZ 621.371

PÎRVU, A. :

Privire generală asupra teoriei informației.

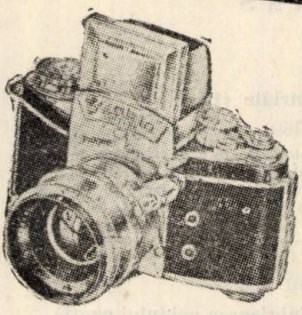
Automatica și electronica, 4 (1960) nr. 2, p. 89—91.

CRONICA, p. 91—94

CĂRȚI, p. 94—96

Fiecăruia

un aparat reflex cu oglindă pentru film îngust



EXAKTA
Varex

camera cea mai bună pentru cele mai înalte exigențe

EXA

aparatul reflex cu oglindă simplificat pentru fotografii reușite de amatori

Remitem cu plăcere prospectele noastr

IHAGEE KAMERAWERK AG I.V. DRESDEN

Informații despre posibilități de procurare și prețuri prin:

TECHNOIMPORT, București, Str. Doamnei Nr. 5

Revista AUTOMATICA ȘI ELECTRONICA, organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. Editor: Asociația Științifică a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. Redacția: București, Str. Ion Ghica nr. 3, Raion Tudor Vladimirescu. Telefon: 14.15.95 și 16.78.78. Administrația și casieria: București, Calea Victoriei nr. 118, Raion I. V. Stalin. Telefon: 14.06.24. Redacția își rezervă toate drepturile privind lucrările precum și materialul grafic-ilustrativ apărut în revistă, cît și cele privitoare la traducerea în limbi străine. Se admit extrase sau comentarii numai cu indicarea completă a sursei. Revista apare o dată la două luni. Abonamentele se primesc la administrația revistei, la sediile filialelor și subfilialelor ASIT din întreaga țară precum și la responsabilii cu presa din cercurile ASIT. Instituțiile și întreprinderile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinete tehnice în contul nostru de virament: Publicațiile tehnice ASIT 070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin. Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual; individual: lei 30 anual. Prețul unui exemplar: lei 5.

Tiparul: Intreprinderea Poligrafică nr. 2, București.

Automatica și Electronica

REVISTĂ TEHNICO-ȘTIINȚIFICĂ DE AUTOMATICĂ, ELECTRONICĂ INDUSTRIALĂ ȘI TEHNICĂ NUCLEARĂ

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.

Vol. IV (p. 49—96) Nr. 2, martie—aprilie București, 1960

ILIE PAPADACHE și MANDY SAPȘA*

Automatizarea cuptoarelor industriale (III)

CZ 631—533.6:666

În numărul precedent al revistei[1] s-au prezentat scheme de automatizare de cuptoare din industria metalurgică, după ce într-un număr anterior[2] s-au analizat problemele generale legate de automatizarea cuptoarelor industriale încălzite cu gaz. În acest număr se dau scheme de automatizare ale unor cuptoare din diferite alte industrii.

B. Industria cimentului

Unul din cuptoarele de mare productivitate, folosit de obicei în industria cimentului este cuptorul rotativ, care lucrează prin procedeul umed. Materia primă sub formă de pastă (șlam) este introdusă la un capăt al cuptorului. Cuptorul, care este înclinat se rotește, iar materialul parcurge toată lungimea lui trecînd prin diferite zone de temperatură și ajunge la celălalt capăt sub formă de clincher de ciment. Arderea combustibilului se face la partea de ieșire a clincherului, iar evacuarea gazelor arse prin capătul de intrare al lui. Temperatura materialului și a gazelor variază în cele patru zone ale cuptorului de la stînga la dreapta: — zona de răcire; — zona de aglomerare (clincherizare); — zona de calcinare; zona de uscare. Temperatura materialului crește în prima zonă, atinge un maximum de aprox. 1 500°C în zona a doua și apoi scade progresiv. Datorită deplasării permanente a materialului, el nu ajunge la temperatura de regim și se creează o diferență de temperatură între gaze și material [9], [10].

Automatizarea acestor cuptoare prezintă dificultăți datorită lipsei de posibilități de a măsura direct și în bune condițiuni parametrii tehnologici ai cuptorului. În plus, există mari constante de timp între încărcarea cuptorului și ieșirea produsului finit. Cuptorul cere cunoașterea și influențarea mai multor parametri (temperatura în diferite puncte, presiunea în cuptor în diferite puncte, calitatea clincherului produs, umiditatea materialului în prima zonă a cuptorului, calitatea arderii, modul de producere a

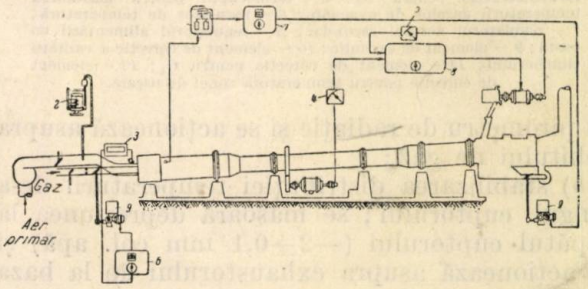


Fig. 1. Schemă de stabilizare a regimului de lucru a unui cuptor rotativ de ciment (după E. L. ITKOVICI: Țement nr. 4/1957).

1 — aparat pentru măsurarea depresiunii la capul cuptorului; *2* — aparat pentru măsurarea presiunii aerului primar; *3* — pirometru de radiație; *4* — tahogenerator, pentru măsurarea vitezei de rotație a cuptorului; *5* — tahogenerator pentru măsurarea vitezei de rotație a alimentatorului de pastă; *6* — regulator de temperatură; *7* — regulatorul aerului secundar; *8* — regulatorul alimentării cu pastă; *9* — element de execuție.

calcinării, a aglomerării), iar posibilitățile de acționare asupra lui sînt mult mai limitate. Se poate comanda: debitul de combustibil, debitul de aer primar, viteza de rotație a cuptorului, cantitatea de materie primă și tirajul. Aerul secundar care influențează atît distribuția temperaturii în cuptor, cît și calitatea arderii nu poate fi comandat decît prin varierea tirajului. În fig. 1 este dată schema reglării unui astfel de cuptor bazată pe stabilizarea parametrilor care influențează funcționarea cuptorului. Schema, concepută și experimentată în U.R.S.S. de TPKBA al trustului Soiuzteplokontrol, urmărește a micșora frecvența, mărimea și frontul de creștere a perturbațiilor în comparație cu comanda manuală a procesului, pentru ca lucrătorul să intervină cît mai rar pentru corectarea regimului de lucru al cuptorului. S-a obținut o micșorare de 7—10 ori a

* Ing. I. PAPADACHE este șeful secției automatizări și ing. M. SAPȘA este cercetător principal la Institutul de cercetări electrotehnice.

[1] 1 (1960) 1, p. 2–10.

[2] 3 (1959) 6, p. 236–240.

numărului de intervenţii ale lucrătorului şi de 2—3 ori viteza de variaţie a parametrilor, cuptorul putînd lucra 6—10 ore în bune condiţiuni, în cadrul limitelor admise, fără nici o intervenţie manuală.

Schema considerată prevede următoarele circuite de stabilizare :

a) stabilizarea temperaturii în zona de aglomerare a clincherului ; se măsoară temperatura

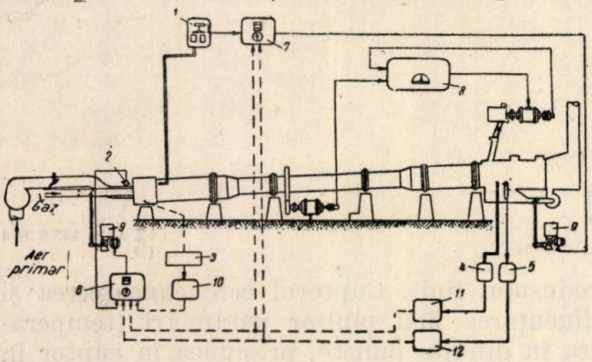


Fig. 2. Schemă de reglare automată a unui cuptor rotativ de ciment (după E. L. ITKOVICI : Ţement nr. 4/1957).

1 — aparat pentru măsurarea depresiunii la capul cuptorului ; *2* — pirometru de radiaţie ; *3* — aparat pentru măsurarea greutăţii litrului de clincher cu dimensiunile 4...8 mm ; *4* — gazoanalizor termomagnetic pentru O_2 ; *5* — termocuplu pentru măsurarea temperaturii gazelor de evacuare ; *6* — regulator de temperatură ; *7* — regulatorul aerului secundar ; *8* — regulatorul alimentării cu pastă ; *9* — element de execuţie ; *10* — element de corecţie a calităţii clincherului ; *11* — element de corecţie pentru O_2 ; *12* — element de corecţie pentru temperatura zonei de uscare.

cu pirometru de radiaţie şi se acţionează asupra debitului de gaz ;

b) stabilizarea distribuţiei temperaturii de-a lungul cuptorului ; se măsoară depresiunea la capătul cuptorului ($-2 \pm 0{,}1$ mm col. apă) şi se acţionează asupra exhaustorului de la baza coşului pentru gazele arse, pentru varierea tirajului şi a debitului de aer secundar ; se utilizează pentru măsură manometrul diferenţial cu clopot ;

c) stabilizarea alimentării cu materie primă, în raport cu viteza de rotaţie a cuptorului ; se realizează prin compararea turaţiei motorului de antrenare a cuptorului şi a motorului dispozitivului de alimentare într-un regulator special construit. Debitul şi presiunea aerului primar, precum şi viteza de rotaţie a cuptorului se consideră constante, datorită funcţionării constante a ventilatorului şi a motoarelor de antrenare. Ieşirile din limită a calităţii produsului şi a calităţii arderii în cazul schemei din fig. 1 se datorează variaţiilor în calitate a gazului de alimentare şi a compoziţiei materiei prime, ceea ce duce la intervenţiile lucrătorului arătate mai sus.

Schema din fig. 2 concepută de acelaşi institut ca şi schema precedentă şi experimentată în august-septembrie 1956, pe un cuptor de 46 m lungime cu debit de 5 tone clincher/oră, realizează corecţiile în mod automat şi urmăreşte ca :

a) corecţiile să intervină cît mai rar în situaţia stabilă de funcţionare a cuptorului ;

b) corecţiile să nu se influenţeze între ele, factorii tehnologici (calitatea produsului) avînd prioritate faţă de factorii economici (calitatea arderii).

În vederea corecţiilor necesare de făcut se măsoară :

a) greutatea litrică a clincherului cu un aparat construit special, care face o probă la 5 min, cerne clincherul alegînd grăunţii cu dimensiunile între 4—8 mm şi cîntăreşte cu un traductor inductiv. Această măsurare dă o indicaţie directă asupra calităţii clincherului ;

b) temperatura gazelor arse cu un termocuplu ; această temperatură este direct legată de procesul de uscare a materiei prime intrată în cuptor sub formă de pastă ;

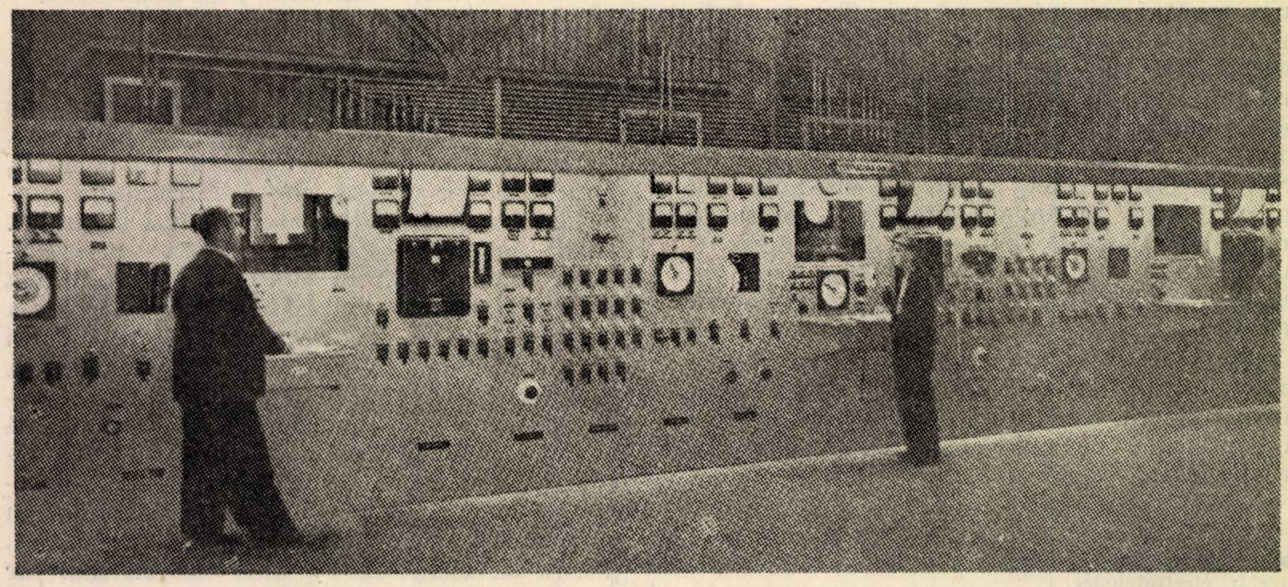
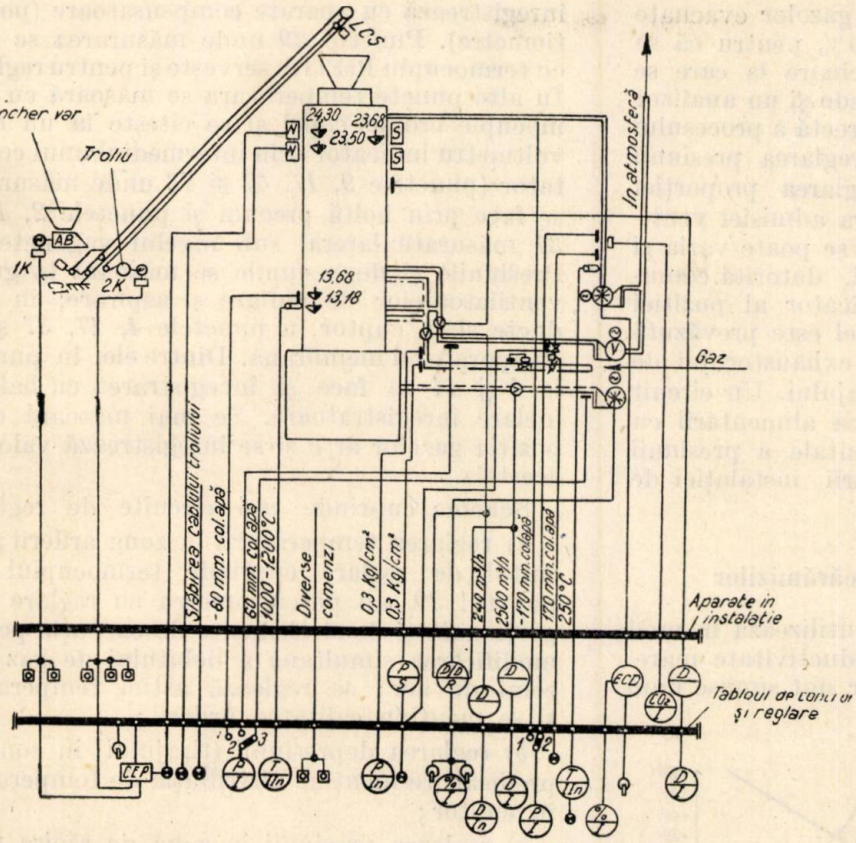


Fig. 3. Tabloul de control şi comandă a trei cuptoare rotative automatizate.

c) compoziția gazelor arse ($\%O_2$) măsurată cu un analizor magnetic de oxigen, legată de calitatea arderii și deci de economicitatea ei.

Elementele de corecție lucrează periodic și dau comenzile necesare în cazul ieșirii din limite a parametrilor măsurați. Greutatea litrică, depinzînd de procesul din zona de aglomerare, se corectează prin modificarea temperaturii din această zonă. Variația debitului de gaz nu influențează substanțial temperatura celorlalte zone. Temperatura gazelor arse, respectiv procesul de uscare, se corectează prin schimbarea distribuției temperaturii, fără a schimba temperatura zonei de aglomerare. Se dau impulsuri de corecție atît circuitului de corecție a aerului secundar cît și circuitului de stabilizare a focului. Procentul de O_2, în măsura în care nu dăunează celorlalți factori legați de calitatea produsului, dă impulsuri de corecție celor două circuite de stabilizare a focului și a debitului de aer secundar (tirajul).



Vană
Ventil cu electromagnet
LCI
LCS Limitatori de cursă
K Contactor
AB Alimentator basculant
Comutator sau robinet comutator
Ventil de siguranță
Regulator presiune gaz
Exhaustor cu palete reglabile
Diafragmă
Traductor al indicatorului radioactiv pentru nivel
Sursă radioactivă a indicatorului de nivel
CEP Element de comandă electromecanic
Electromotor
Chei sau comutator
Lampă semnalizare
Buton de comandă

ECD Element pentru comanda la distanță
Traductor debit
Aparat de semnalizare pentru presiune
Indicator CO_2
Indicator debit
Indicator presiune și depresiune
Regulator al raportului gaz-aer
Inregistrator debit
Inregistrator presiune
Indicator și inregistrator de temperatură
Termocuplu
Priza pentru analiză gaze
Priză presiune
Legătură mecanică sau electrică pentru măsură
Aer
Gaze arse
Gaz combustibil

Fig. 4. Schema controlului, reglării și comenzii automate a unui cuptor pentru arderea varului, care lucrează cu combustibil gazos.

Cu această schemă s-au obținut următoarele rezultate :

greutatea litrică a clincherului s-a menținut în limitele 1 500—1 560 kg ;

temperatura gazelor arse în limitele 350—375°C;

cantitatea de O_2 din gazele arse în limitele 1,0—2,5% ceea ce corespunde cerințelor de funcționare ale unui astfel de cuptor.

Controlul și automatizarea cuptoarelor rotative de ciment sînt în prezent în atenția tuturor celor ce fabrică sau utilizează asemenea cuptoare. În fig. 3 este arătat aspectul unui tablou de control și automatizare pentru trei cuptoare rotative [11], [17].

C. Industria fabricării varului

În fig. 4 se arată schema automatizării unui cuptor pentru ars var, alimentat cu gaz, realizată de Rosstromproiekt (U. R. S. S.).

Cuptorul, înalt de cca. 30 m este încărcat pe sus. Materialul, după ce parcurge cuptorul de sus în jos, trecînd prin zona de ardere la 1 000—1 200°C, este scos prin partea inferioară. Nivelul pietrei de var în cuptor este măsurat

cu aparatură cu cobalt radioactiv, care semnalizează şi totodată dă comenzile de încărcare. În privinţa procesului de ardere, se controlează: temperaturile din zona de ardere şi din canalul de fum înainte de exhaustor, care se şi înregistrează; debitele de gaz şi aer; presiunile din cuptor şi din conductele de aer, presiunea gazului şi presiunile din conductele de evacuare a gazelor; compoziţia în CO_2 a gazelor evacuate cu un aparat cu scala 35—40% pentru că se urmăreşte şi procesul de calcinare la care se degajă CO_2. De obicei se prevede şi un analizor de O_2 pentru supravegherea directă a procesului de ardere. Schema prevede reglarea presiunii gazului de alimentare şi reglarea proporţiei gaz-aer, prin acţionarea asupra admisiei ventilatorului de aer. De la tablou se poate varia şi manual debitul ventilatorului, datorită comutatorilor şi a aparatului indicator al poziţiei elementului de execuţie. La fel este prevăzută acţionarea de la tablou şi a exhaustorului de gaze arse, pentru varierea tirajului. Un circuit de protecţie asigură închiderea alimentării cu gaz în cazul pierderii accidentale a presiunii gazului sau în cazul defectării instalaţiei de evacuare a gazelor arse. [12].

D. Industria fabricării cărămizilor

În industria cărămizilor se utilizează în mod curent cuptoare tunel cu productivitate mare. Cărămizile trecînd prin cuptor sînt supuse unui

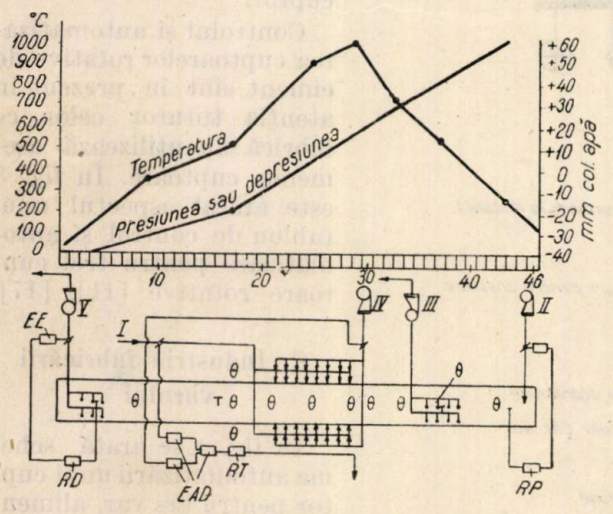


Fig. 5. Schema de automatizare a unui cuptor tunel pentru cărămizi (elaborată de Rosstromproiekt U.R.S.S.).

I — gaz combustibil; *II* — aer răcire; *III* — evacuarea aerului încălzit; *IV* — aer combustie; *V* — evacuarea gazelor arse; *RD* — regulator depresiune; *RP* — regulator presiune; *RT* — regulator temperatură; *EAD* — elemente de acţionare la distanţă; *EE* — element de execuţie.

anumit regim termic datorită distribuţiei de temperatură din cuptor [13].

În fig. 5 este dată schema concepută de Rosstromproiekt (U.R.S.S.) pentru un cuptor tunel de 105 m pentru 46 vagonete, utilizat la arderea cărămizilor de construcţie, precum şi diagrama temperaturii şi presiunii din cuptor. În cuptor se supraveghează temperaturile şi presiunile gazelor, pentru că presiunea condiţionează distribuţia temperaturii. Temperaturile fiind relativ mici se utilizează termocuple. La o parte din punctele de măsură (*21*, *25*,*29* şi *33* unde măsurarea se face prin boltă) temperatura se înregistrează cu aparate compensatoare (potenţiometre). Punctul *29* unde măsurarea se face cu termocuplu PtPtRh serveşte şi pentru reglare. În alte puncte temperatura se măsoară cu termocuple cromel-copel şi se citeşte la un milivoltmetru indicator prin intermediul unui comutator (punctele *9*, *17*, *37* şi *43* unde măsurarea se face prin boltă precum şi punctele *2*, *17* şi *31* măsurate lateral sub nivelul vagonetelor). Presiunile şi depresiunile se măsoară la gurile ventilatoarelor de suflare şi aspirare, în conducte şi în cuptor în punctele *4*, *17*, *37* şi *44* cu aparate cu membrană. Dintre ele, în punctele *4* şi *44* se face şi înregistrarea cu balanţe inelare înregistratoare. Se mai măsoară compoziţia gazelor arse şi se înregistrează valoarea acesteia.

Schema cuprinde trei circuite de reglare:

a) reglarea temperaturii în zona arderii; circuitul de reglare cuprinde termocuplul din punctul *29*, un potenţiometru cu reglare proporţională şi două elemente de execuţie pentru modificarea simultană a debitului de gaz şi a celui de aer; se reglează astfel temperatura şi se menţine calitatea arderii;

b) reglarea depresiunii (tirajului) în zona de preîncălzire menţine distribuţia de temperatură în cuptor;

c) reglarea presiunii în zona de răcire menţine un regim corect de răcire a cărămizilor.

Cuptorul poate fi deconectat de pe comanda automată şi trecut pe comandă manuală de la distanţă datorită indicatoarelor de poziţii 0—100% ale elementului de execuţie şi comutatoarelor montate pe tablou.

Schema de automatizare a unui alt cuptor tunel, utilizat pentru arderea cărămizilor refractare este arătată în fig. 6. Schema este realizată de TPKB — trustul Energocermet (U.R.S.S.). Cuptorul considerat este un cuptor tunel de 150 m lungime pentru 90 vagonete cărămizi.

În fig. 6 se vede distribuţia de temperatură şi presiune de-a lungul cuptorului. Maximul de temperatură ajunge la cca 1 500°C. Pentru măsurarea temperaturilor se utilizează termocuple instalate lateral în cuptor; pentru punctele *7*, *16* şi *24* — termocuple cromel-copel cu înregistrator; pentru punctele *34*, *51* — PtPtRh cu înregistrator; pentru punctele *41*, *47* — pirometru radiaţie cu înregistrator. În punctul *44* temperatura maximă se măsoară prin boltă cu un pirometru de radiaţie şi se înregistrează cu

un aparat care este în acelaşi timp şi un regulator. Presiunile din cuptor, din conducte şi de la gura ventilatoarelor se măsoară cu aparate indicatoare. Debitul de gaz se înregistrează

presiuni; măsurarea presiunii se face în punctul *14* şi se acţionează asupra clapetelor exhaustorului.

Se observă că procedeul de reglare a arderii

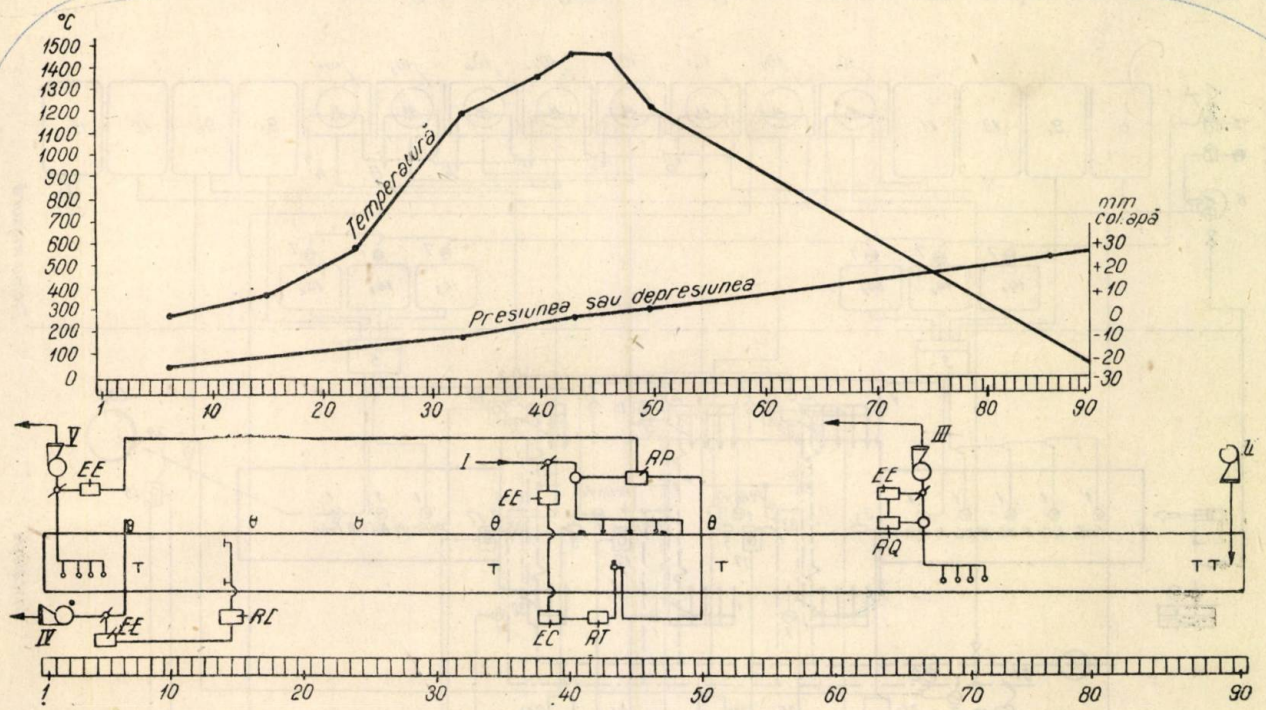


Fig. 6. Schema de automatizare a unui cuptor tunel pentru arderea cărămizilor refractare (elaborată de TPKB, trustul Energocermet U.R.S.S.).

I – gaz combustibil; *II* – aer răcire; *III* – evacuarea aerului încălzit; *IV* – evacuarea aerului din canalele inferioare; *V* – evacuarea gazelor arse; *RT* – regulator temperatură; *EC* – element corecţie; *RP* – regulator proporţie cu combustibil; *RQ* – regulator debit; *RD* – regulator depresiune; *EE* – element execuţie.

cu o balanţă inelară. De asemenea se măsoară şi se înregistrează compoziţia gazelor arse.

La acest cuptor se reglează:

a) temperatura în punctul cel mai cald al cuptorului; temperatura măsurată în pct. *44* cu pirometru de radiaţie este reglată cu un regulator completat cu un element de corecţie; se variază debitul de gaz;

b) calitatea arderii; nu se mai poate acţiona direct asupra aerului de combustie ca în cazul cuptorului din fig. 5. deoarece cuptorul nu este prevăzut cu circuit de aer direct, ci se utilizează pentru ardere aerul introdus în cuptor pentru uscare; se modifică însă tirajul; regulatorul de proporţie utilizat primeşte valorile măsurate ale debitului de gaz şi ale presiunii din cuptor şi lucrează prin elementul de execuţie asupra clapetei din canalul de evacuare;

c) debitul aerului de uscare; se menţine în condiţii normale procesul de uscare şi se realizează în schemă cu un circuit de reglare hidraulic (pentru măsurare — diafragmă; pentru amplificare dispozitiv cu jet; pentru acţionare cilindru şi piston);

d) reglarea regimului de circulaţie a aerului prin canalele subterane ale cuptorului; se utilizează un regulator hidraulic pentru micro-

la acest cuptor este similar cu acela utilizat la cuptorul rotativ pentru ciment; la ambele, calitatea arderii, care depinde de aerul absorbit, nu poate fi influenţată decît prin modificarea tirajului.

E. Industria ceramicii

În industria ceramicii se utilizează cuptoare la care se cere în afară de o anumită distribuţie de temperatură de-a lungul lor şi o anumită

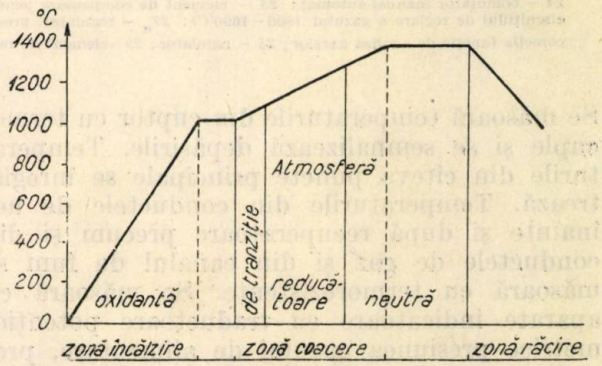


Fig. 7. Curba de încălzire a porţelanului şi atmosfera corespunzătoare diferitelor zone (după E. PUDIL: Mereni a Regulace nr. 1/1959).

distribuţie a compoziţiei atmosferei. Fig. 7 arată curba de distribuţie a temperaturii şi a compoziţiei atmosferei la un cuptor pentru electroporţelan. Măsurările şi reglările care se prevăd la un asemenea cuptor sînt arătate în fig. 8.

zone compoziţia gazelor arse; se înregistrează cele trei valori pe un înregistrator multiplu.

Cu ajutorul traductoarelor potenţiometrice de pe aparatele indicatoare se fac mai multe reglări. Se reglează:

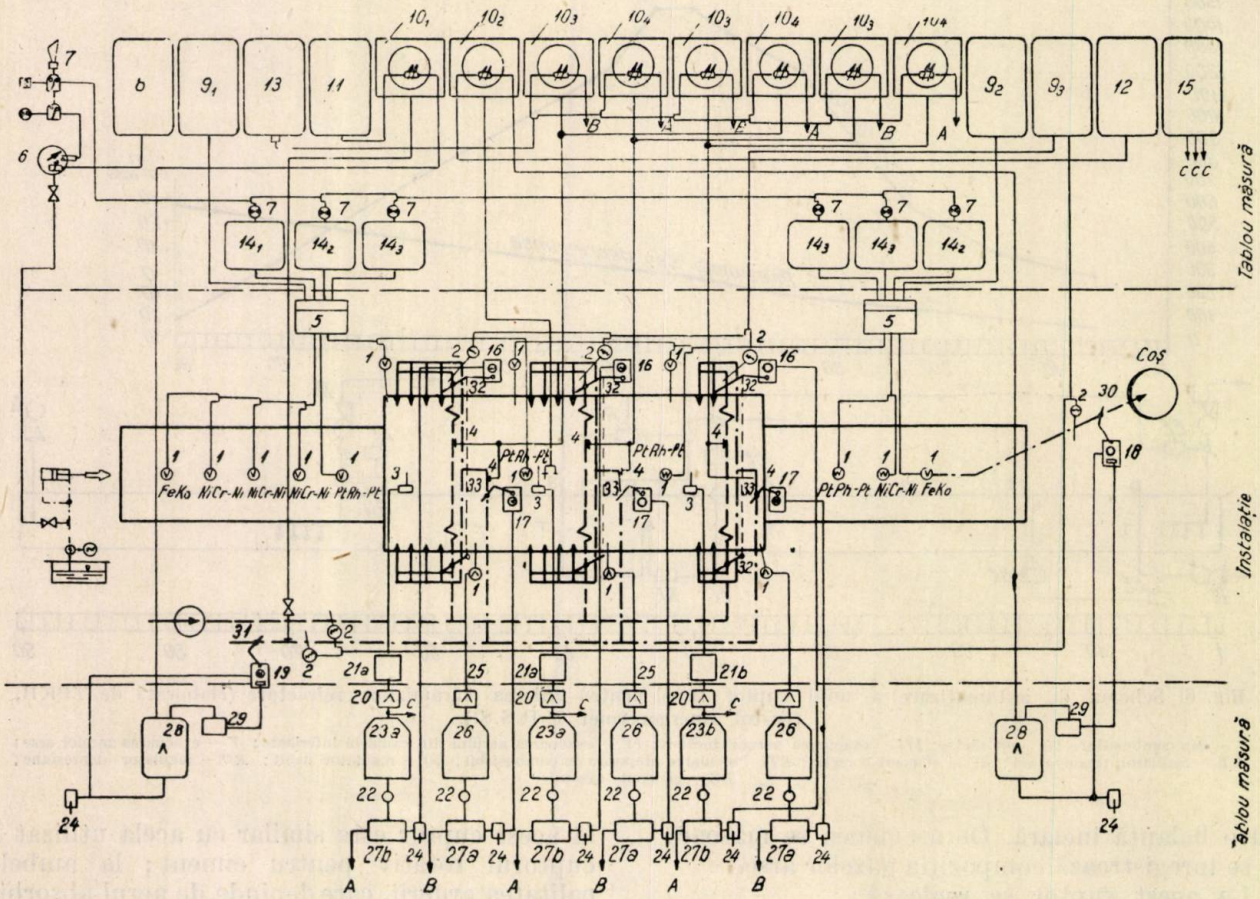


Fig. 8. Schemă de măsură şi reglare pentru un cuptor tunel pentru porţelan, încălzit cu gaz de generator (după E. PUDIL: Mereni a Regulace nr. 1/1959).

1 – termocuplu; *2* – termorezistenţă; *3* – priză analize gaze; *4* – priză presiune; *5* – termostat pentru capetele libere ale termocuplelor (50°C); *6* – manometru indicator cu contacte şi transmiţător potenţiometric; *7* – semnalizare; *8* – înregistrator presiune ulei, 0...10 kg/cm²; 9_1 – înregistrator temperatură cu 6 puncte, 1 × 20–600°C, 2 × 20 – 1200°C, 3 × 20–1600°C; 9_2 – idem, 1 × 20–600°C, 1 × 20–1200°C, 4×20–1600°C; 9_3 – idem 3 × 0 – 50°C; 3 × 0–550°C; 10_1 – indicator presiune cu transmiţători potenţiometrici, 0–10 mm col. apă, gaz; 10_2 – idem, pentru presiune spaţială cuptor, ± 2 mm col. apă; 10_3 – idem, 0–5 mm col. apă, gaz; 10_4 – idem, 0–5 mm col. apă, aer; *11* – înregistrator gaz, 0–10 mm col. apă; *12* – înregistrator presiune spaţială în cuptor, ± 2 mm col. apă; *13* – înregistrator cu 6 puncte pentru presiuni gaze şi aer pe zone de ardere, 3×0–10 mm col. apă, 3×0–20 mm col. apă; 14_1 – indicator şi semnalizator temperatură, 20–900°C, pentru termocuplu NiCrNi; 14_2 – idem, 20–1200°C NiCrNi; 14_3 – idem, PtRhPt; *15* – înregistrator analiză gaze, 2×0–10% O_2, 1×0–3%CO; *16* – element execuţie, 3,5 kgm pentru aer combustibil la arzătoare; *17* – idem, pentru gaze la arzătoare; *18* – idem, 25 kgm pentru şuber coş; *19* – idem, 8 kgm pentru conductă principală gaze; *20* – element de compensare; 21_a – analizor magnetoelectric pentru O_2; 21_b – analizor cu infraroşii pentru CO; *22* – element de corecţie a valorii impuse a circuitului de reglare; 23_a – regulator pentru corecţia funcţie de O_2 (0–10% O_2); 23_b – idem, pentru corecţia funcţie de CO (0–3 CO), 24 – comutator manual-automat; *25* – element de compensare pentru capetele libere ale termocuplelor; *26* – regulator temperatură pentru corecţia circuitului de reglare a gazului (800–1600°C); 27_a – regulator presiune gaz cu corecţie funcţie de temperatură; 27_b – regulator presiune aer cu corecţie funcţie de analiza gazelor; *28* – regulator; *29* – element de reacţie *30*; – şuber coş; *31* – ventil gaze; *32* – clapete aer combustie; 33 – ventile gaze.

Se măsoară temperaturile din cuptor cu termocuple şi se semnalizează depăşirile. Temperaturile din cîteva puncte principale se înregistrează. Temperaturile din conductele de aer înainte şi după recuperatoare precum şi din conductele de gaz şi din canalul de fum se măsoară cu termorezistenţe. Se măsoară cu aparate indicatoare cu traductoare potenţiometrice presiunea gazului de alimentare, presiunea spaţială, debitele de gaz şi de aer în cele trei zone de încălzire. Toate aceste mărimi se şi înregistrează. Se mai măsoară în cele trei

presiunea gazului de alimentare;

presiunea spaţială prin acţionarea asupra şiberului de la coş;

debitul de gaz în fiecare zonă cu corecţiile temperaturii din zona respectivă;

proporţia gaz-aer în fiecare zonă cu corecţie de la analizorul de gaze din zona respectivă (analiza de O_2 sau CO).

Schema mai prevede şi o supraveghere şi o înregistrare pentru dispozitivul hidraulic de încărcare a cuptorului [14], [19].

F. Industria fabricării sticlei

La fabricarea sticlei se utilizează cuptoare de diferite tipuri în care se creează condiţiile pentru topirea materiilor prime şi producerea sticlei, realizîndu-se temperaturi de aproape 1 500°C. Datorită acestor cuptoare, industria

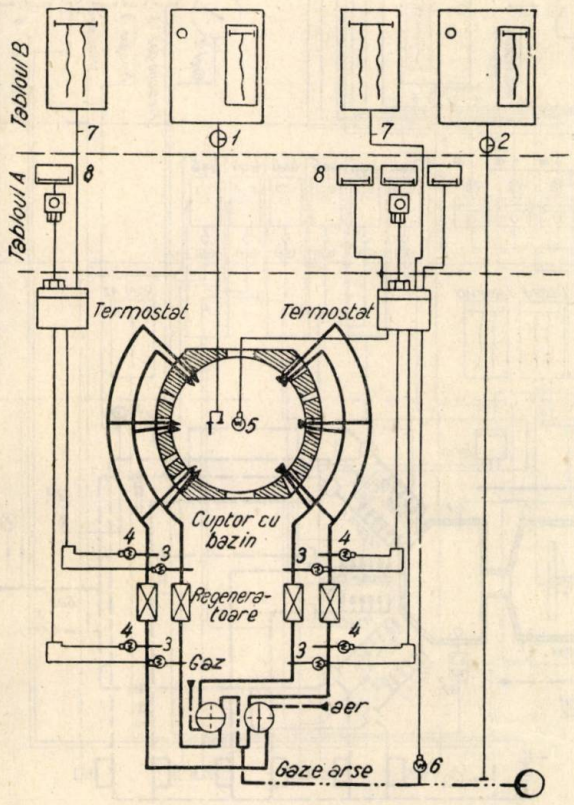


Fig. 9. Schema de măsură a unui cuptor pentru topit sticlă, cu bazin pentru creuzete (după JIRI GERABEK : Mereni a Regulace nr. 5/1959).

1 — presiunea spaţială în cuptor; *2* — tirajul în canalul de fum; *3* — temperatura în regeneratoarele pentru gaz (termocuplu); *4* — idem, pentru aer; *5* — temperatura în cuptor (termocuplu); *6* — temperatura în canalul de fum (termocuplu); *7* — înregistrare temperaturi; *8* — indicare temperaturi (milivoltmetru cu comutator); *9* — termostat pentru capetele libere ale termocuplelor.

sticlei este o mare consumatoare de gaze. Controlul şi reglarea proceselor termice la aceste cuptoare prezintă interes atît pentru realizarea unor produse de bună calitate cît şi pentru obţinerea unei arderi economice. Unele cuptoare mai mici sînt înzestrate numai cu aparatură de măsură şi înregistrare a parametrilor principali. [15], [18].

În fig. 9 este dată schema unui cuptor cu bazin pentru creuzete, prevăzut cu regeneratoare pentru aer şi pentru gaz. Aerul şi gazul, se preîncălzesc succesiv în regeneratoarele din dreapta sau din stînga, alimentează arzătoarele dintr-o parte a cuptorului, iar gazele arse sînt evacuate prin partea opusă, prin celelalte regeneratoare, încălzindu-le. La cuptoarele mari cu regeneratoare se utilizează scheme de inversare automată a flăcărilor, similar cu cele utilizate pentru acelaşi lucru la cuptoarele Siemens-Martin şi arătate în partea a II-a a articolului.

Schema analizată prevede măsurări de temperatură, presiune spaţială şi tiraj. Se măsoară astfel temperaturile înainte şi după cele patru regeneratoare cu : termocuple, termostate pentru menţinerea constantă a temperaturii capătului liber al acestora şi milivoltmetre indicatoare cu comutator. La fel, cu alte două milivoltmetre indicatoare se măsoară temperatura principală din cuptor şi temperatura din canalul de fum. Toate aceste 10 temperaturi se şi înregistrează cu două înregistratoare cu cîte şase puncte. Presiunea spaţială în cuptor şi depresiunea la baza coşului (tirajul) se înregistrează cu balanţe inelare sensibile. Aparatura indicatoare, care serveşte direct în conducerea cuptorului este montată pe un tablou lîngă cuptor, iar aparatura înregistratoare montată pe un alt tablou serveşte pentru urmărirea funcţionării în timp a cuptorului. Cele două tablouri sînt arătate în fig. 10.

Cuptorul de productivitate mare utilizat în industria sticlei este cuptorul vană. În fig. 11 este dată schema unui astfel de cuptor prevăzut cu recuperator continuu de căldură. Materia primă încărcată în cuptor pe două uşi (în acest caz) parcurge cuptorul trecînd prin diferite zone de temperatură. Masa topită trece printr-un canal comunicant de fund în bazinul de lucru al cuptorului de unde se alimentează prin trei canale (feederi) maşinile prelucrătoare. În schemă se prevede măsurarea temperaturii în cîteva puncte ale recuperatorului, în cuptor, bazinul de lucru şi feederi. Toate aceste temperaturi sînt indicate la tablou cu milivoltmetre indicatoare. În afară de aceasta, pentru fiecare parte a cuptorului, cîte un înregistrator multiplu înregistrează temperaturile principale. Măsurarea se face cu termocuple, iar în punctele cu temperatură mai ridicată, cu pirometre de radiaţie.

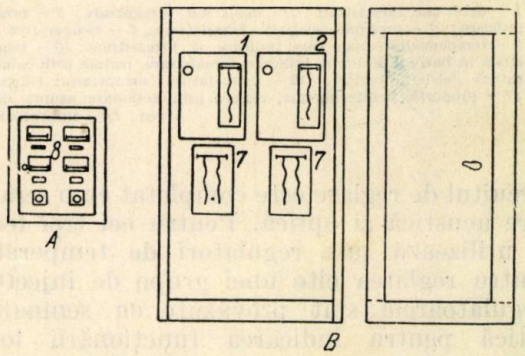


Fig. 10. Tablourile de măsură pentru schema din fig. 9.

A — tabloul cu aparatele indicatoare, plasat lîngă cuptor, necesar conducerii procesului termic în cuptor; *B* — tabloul cu aparatele înregistratoare.

Reglarea temperaturii din cuptor se face pe baza măsurării făcute de pirometrul de radiaţie

care vizează interiorul cuptorului prin capătul său dinspre recuperator. Un regulator electric reglează cantitatea de gaz. Poziția elementelor de execuție se poate citi pe un aparat la tablou. Calitatea arderii se măsoară și se înregistrează. La tablou se montează și un indicator ($\%O_2$). Se măsoară presiunea spațială și se înregistrează. Un circuit de reglare menține constantă această

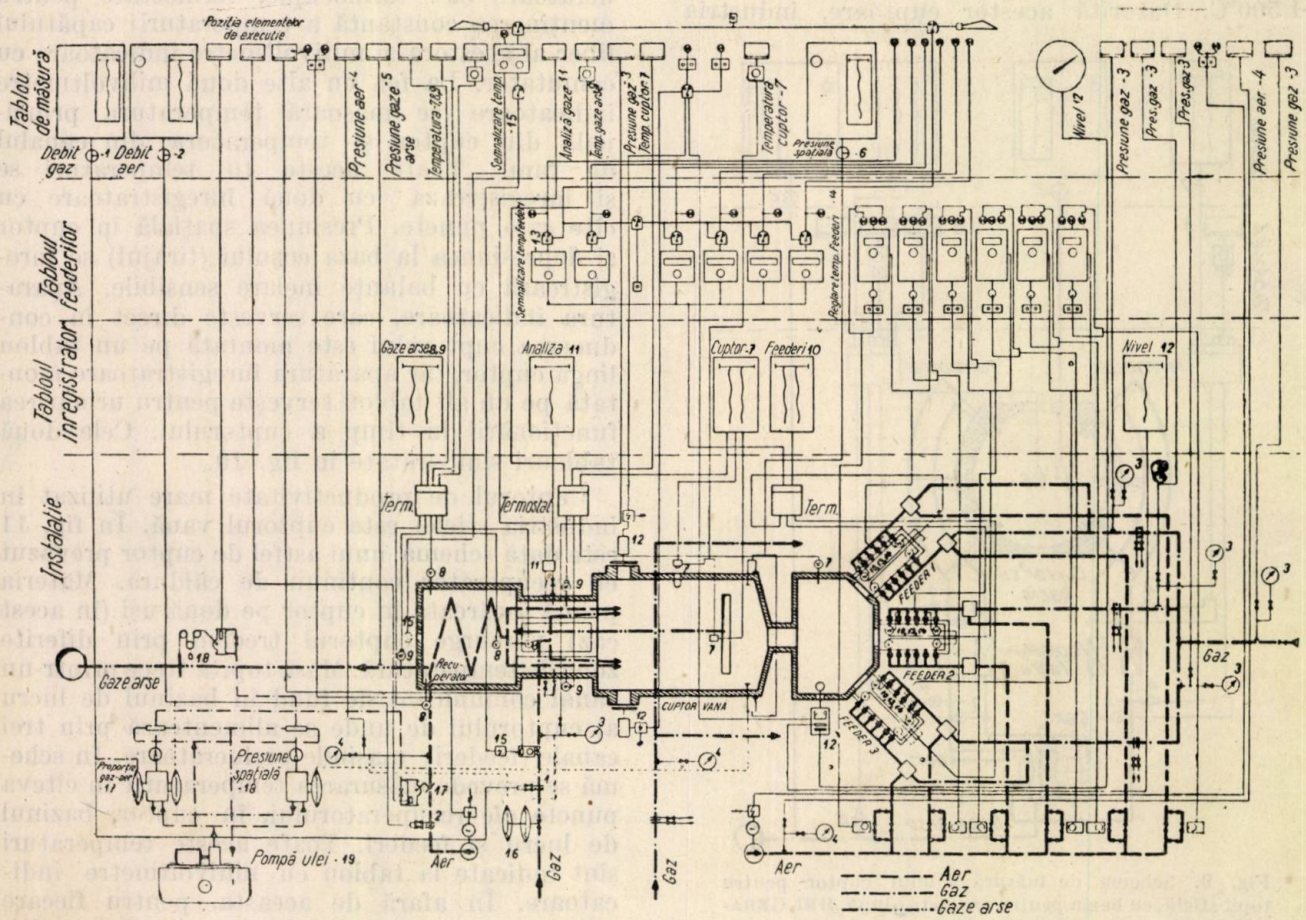


Fig. 11. Schema de măsură și reglare a unui cuptor de topit sticlă tip vană, cu recuperator de căldură (după JIRI GERABEK : Mereni a Regulace nr. 5/1959).

1 — debit gaz, înregistrare; *2* — debit aer, înregistrare; *3* — presiune gaz, indicare; *4* — presiune aer, indicare; *5* — depresiune în canalele de fum, indicare; *6* — presiune spațială, înregistrare; *7* — temperatură cuptor, indicare și înregistrare; *8* — temperatură recuperator, indicare și înregistrare; *9* — temperatură canale fum, indicare și înregistrare; *10* — temperatură feederi, înregistrare; *11* — analiză gaze arse, indicare și înregistrare; *12* — nivel sticlă în bazinul de lucru, indicare, înregistrare, reglare prin comenzi date încărcării cuptorului; *13* — temperatură feederi, semnalizări; *14* — temperatură feederi, reglări; *15* — temperatură recuperator, supraveghere, semnalizare și întrerupere alimentare combustibil; *16* — presiune gaz, reglare; *17* — proporție debite aer-gaz, reglare prin acționare asupra debitului de aer; *18* — presiune spațială, reglare prin acționare asupra șuberului de la coș; *19* — indicatoare ale poziției elementelor de execuție.

Circuitul de reglare este completat cu o semnalizare acustică și optică. Pentru cei trei feederi se utilizează șase regulatori de temperatură, pentru reglarea cîte unei grupe de injectoare. Regulatoarele sînt prevăzute cu semnalizare optică pentru indicarea funcționării lor și butoane de comandă manuală de la distanță a elementelor de execuție electrice. Fiecare regulator este dublat de cîte un milivoltmetru indicator cu contacte de semnalizare. Se semnalizează astfel acustic și optic ieșirea din limite a temperaturilor. Debitul de gaz care alimentează cuptorul propriu-zis și debitul de aer sînt măsurate și înregistrate. Un regulator hidraulic de proporție menține constant raportul gaz-aer, acționînd asupra debitului de gaz, presiune în limite foarte mici (de ord. 0,05 mm col. apă), deoarece ea influențează distribuția de temperatură în cuptor. La cuptorul vană se măsoară nivelul sticlei. În schemă valoarea nivelului se indică și se înregistrează, iar un circuit de reglare menține constant nivelul prin acționare asupra vitezei de încărcare cu materie primă a mașinilor de încărcare. Schema mai prevede măsurarea presiunilor gazului și aerului în conductele de alimentare ale diferitelor zone.

Din analiza schemei se vede că se fac următoarele reglări :

a) temperatura în cuptor;

b) temperaturile din diferitele zone ale feederilor;

c) raportul gaz-aer;

d) presiunea spaţială;

e) nivelul sticlei.

Schema prevede indicatoare ale tuturor parametrilor măsuraţi, indicatoare ale poziţiei elementelor de execuţie; semnalizează optic şi acustic, iar parametrii principali sînt înregistraţi.

de aproximativ 8—10 ore şi are o funcţionare cu regenerare, fiecare jumătate din sistemul de recuperare funcţionînd alternativ. Operatorul central, care conduce 10—20 asemenea cuptoare este responsabil de programarea producţiei, realizarea planificării producţiei şi de realizarea unei performanţe economice optime. În acest scop el trebuie să primească informaţii în timpul

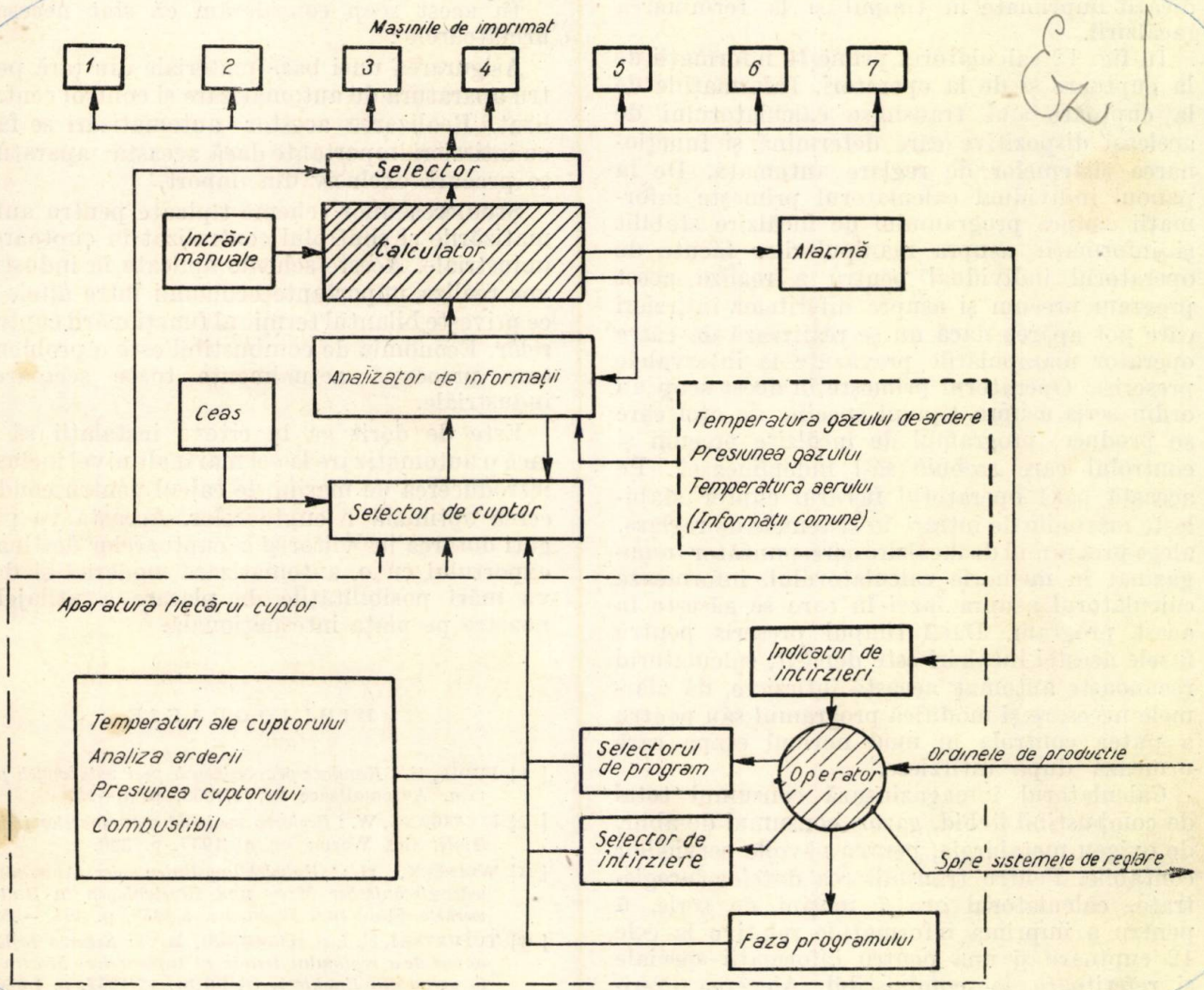


Fig. 12. Schema bloc a automatizării cu maşini de calcul a unui grup de cuptoare Siemens-Martin.

Întrebuinţarea maşinilor de calcul în automatizarea cuptoarelor

Vom descrie sumar o asemenea întrebuinţare în cazul unei instalaţii cuprinzînd un grup de cuptoare Siemens-Martin realizată cu un calculator numeric [16].

Fiecare cuptor are sistemul său de reglare automată propriu precum şi un panou cu aparatura de control respectivă, care este întrebuinţată de operator pentru a conduce procesul de încălzire independent de celelalte cuptoare. Acest proces este de tip discontinuu cu o perioadă

real asupra cauzelor întîrzierilor, costul combustibilului, caracteristicile cuptoarelor, mersul producţiei. În instalaţia din fig. 12 s-a întrebuinţat în acest scop un calculator numeric în legătură cu sistemele de reglare automată ale fiecărui cuptor, cu care se supraveghează 12 cuptoare Siemens-Martin. Calculatorul are răspunderea programului de încălzire, controlînd îndeplinirea programului stabilit şi dînd alarmă în cazul în care nu se respectă timpii prescrişi. În această instalaţie calculatorul nu influenţează sistemele de reglare automată individuale, adică nu modifică mărimile de intrare ale regulatoa-

relor; sînt cuprinse însă unele controluri în circuit închis între calculator, regulatoare şi operatori. Calculatorul serveşte ca un instrument de optimalizare la dispoziţia operatorilor individuali sau celui principal. Instalaţia cuprinde dispozitive care centralizează informaţiile pentru operator. Informaţiile de la cuptoare sînt transmise la calculator cu scopul înmagazinării lor şi pentru a furniza operatorului principal indicaţii imprimate în timpul şi la terminarea încălzirii.

În fig. 12 calculatorul primeşte informaţii de la cuptoare şi de la operatori. Informaţiile de la cuptoare sînt transmise calculatorului de aceleaşi dispozitive care determină şi funcţionarea sistemelor de reglare automată. De la panoul individual calculatorul primeşte informaţii asupra programului de încălzire stabilit şi informaţii asupra manipulărilor făcute de operatorul individual pentru a realiza acest program precum şi asupra diferitelor întîrzieri care pot apărea dacă nu se realizează de către operator manipulările prevăzute la intervalele prescrise. Operatorul primeşte în acest scop un ordin scris asupra tipului specific de oţel care se produce, programul de încălzire precum şi controlul care trebuie să-l îndeplinească. Pe această bază operatorul fiecărui cuptor stabileşte mărimile de intrare în sistemele de reglare, alege programul de încălzire corespunzător înmagazinat în memoria calculatorului, informează calculatorul asupra fazei în care se găseşte în acest program. Dacă timpul prescris pentru fazele acestei încălziri este depăşit, calculatorul recunoaşte automat această întîrziere, dă alarmele necesare şi modifică programul său pentru a putea controla în mod normal etapa care urmează după întîrziere.

Calculatorul înmagazinează consumul total de combustibil lichid, gazos, consumul de abur, de oxigen metalurgic, pentru nevoile serviciilor contabile. Pentru transmiterea datelor înregistrate, calculatorul are 7 maşini de scris, 6 pentru a imprima informaţiile relative la cele 12 cuptoare şi una pentru informaţii speciale şi referitoare la combustibil. Alegerea diferitelor circuite ale calculatorului şi instalaţiei se face cu ajutorul unor selectoare.

O asemenea instalaţie măreşte atît eficienţa economică a cuptoarelor cît şi producţia; experienţa a arătat că s-a obţinut cu ajutorul calculatorului o reducere a timpului de încălzire, s-a mărit durata de funcţionare a cuptoarelor între două reparaţii, s-a îmbunătăţit calitatea producţiei şi uniformitatea acesteia, s-au redus cheltuielile de combustibil.

Sugestii pentru un program de viitor în R.P.R.

Din exemplele de cuptoare industriale descrise în aceste articole şi care reprezintă realizări în diferite domenii, rezultă că dotarea lor cu aparatură de control centralizat şi de automatizare este foarte complexă. Studiile economice făcute în diferite instalaţii de acest fel au constatat că mărirea eficienţei exploatării au justificat investiţiile suplimentare provocate de această aparatură. O asemenea concepţie modernă în instalaţiile de cuptoare industriale trebuie adoptată şi pentru procesele tehnologice de la noi.

În acest scop considerăm că sînt necesare următoarele:

Asigurarea unei baze materiale din ţară pentru aparatura de automatizare şi control centralizat. Realizarea acestor automatizări se face cu întîrzieri importante dacă această aparatură se procură exclusiv din import.

Studierea unor scheme tipizate pentru automatizările şi controlul centralizat în cuptoarele industriale. Aceste scheme aplicate în industrie vor realiza importante economii între altele în ce priveşte bilanţul termic al funcţionării cuptoarelor. Economia de combustibil este o problemă care preocupă actualmente toate sectoarele industriale.

Este de dorit ca în cîteva instalaţii să se facă o automatizare la cel mai înalt nivel inclusiv introducerea de maşini de calcul pentru conducerea optimală a cuptoarelor. Aceasta va pregăti dotarea în viitor şi a cuptoarelor destinate exportului cu o automatizare modernă şi deci va mări posibilităţile de plasare a utilajelor noastre pe piaţa internaţională.

BIBLIOGRAFIE

[1] PUDIL, E.: *Regulace prumyslovych peci vytapenych plynem.* Automatisace nr. 1/1958, p. 8—15.

[2] LIESEGANG, W.: *Reglarea modernă a cuptoarelor industriale.* Gas Warme nr. 10/1957, p. 320.

[3] WEINECK, H.: *Entwicklungslinien der Anwendung wärmetechnischer Mess- und Regelanlagen in Huttenwerken.* Stahl und Eisen nr. 8/1958, p. 494 — 505.

[4] TULUEVSKI, N. I. şi KLIMENKO, M.V.: *Schema reglării automate a regimului termic al cuptoarelor Martin de la uzina din Enakievo.* Oţelul nr. 12/1957, p. 1 086—1 093 (traducere după Stahl nr. 12/1957).

[5] ALTENHEIN, H. J.: *Überwachung und Regelung am Siemens Martin Ofen.* Regelungstechnik nr. 10/1957, p. 346—350.

[6] CERNOGOLOV, I. A. şi alţii: *Studiul graficelor de inversare a flăcării la cuptoarele Martin.* Oţelul nr. 1/1959 (traducere după Stahl nr. 1/1959).

[7] PUDIL, E.: *Merici a regulacni zarizeni v frutnictvi.* Mereni a Regulace nr. 5/1959, p. 28—32.

[8] THOMAS, M.: *Control Engineering in a Steelworks.* Process Control and Automation nr. 2/1959, p. 50—55.

[9] ITKOVICI, L. E.: *Avtomaticescoe regulirovanie vrasciaiuşcesia peci, rabotaiuşcei na gazoobrazom toplive.* Ţement nr. 4/1957, p. 1—9.

[10] ITKOVICI, L. E.: *Sintez shemi avtomaticescovo regulirovania vrasciaiuşcesia ţementoobjigatelnoi peci.* Priborostroenie nr. 10/1959, p. 1—6.

[11] TRAUFFER, E. W.: *Lehigh's Union Bridge Plant.* Pit and Quarry ian. 1959, p. 119—127.

[12] TEMKIN, D. L. : *Vozmojnosti avtomatizaţii proizvodstvennîh proţesov v silikatnoi promîşlennosti.* Stroitelnîe materiali nr. 11/1959, p. 4—9.

[13] TEMKIN, D. L. : *Shemî avtomaticeskovo controlia i regulirovania rejima tunelnîh pecei.* Stroitelnîe materiali nr. 4/1958, p. 14—16.

[14] PUDIL, E. : *Regulace atmosfery v pecnim prostoru plynem vymapenych tepelnych agregatu.* Mereni a Regulace nr. 1/1959, n. 5—11.

[15] GERABEK, J. : *Mereni a regulace tepelne technickych hodnot ve sklarskem prumyslu.* Mereni a Regulace nr. 5/1959, p. 36—38.

[16] Engineering staff GPE control, Inc: *Applying the Digital Computer to Open. Hearth Operations.* Control Engineering aug. 1959, p. 94—100.

[17] COSTA, H. : *Stand der Automatisierung in der Zementindustrie.* Silikat Technik nr. 10/1956, p. 436—484.

[18] COSTA, H. : *Automatisierung in der Glass- und keramischen Industrie.* Silikat Technik nr. 10/1956, p. 400—411.

[19] HAJEK, J. : *Mereni a regulace tepelne technickych hodnot v keramickém prumyslu.* Mereni a Regulace nr. 5/1959, p. 34—35.

[20] ALLEYRAC, R., şi RODICQ P. : *Contrôle et régulation au four Martin, leur intérêt, une aplication.* Silicates industriels nr. 4/1957, p. 193—204.

LEFORDITVA
J. 816/61

ION SZEKELY* şi GHEORGHE R. IANCULESCU**

Automatizarea instalaţiilor pentru fabricarea acidului azotic diluat la presiune atmosferică

CZ 621—52 :661.56

Acidul azotic este unul din cele mai importante produse ale industriei chimice, ocupînd ca volum de producţie şi consum al doilea loc după acidul sulfuric. Consumul mare de acid azotic se datoreşte faptului că serveşte drept materie primă în fabricarea îngrăşămintelor azotoase.

De asemenea, o importantă cantitate de acid azotic se utilizează pentru nitrare, de exemplu a benzenului, naftalenului, ai căror derivaţi nitraţi servesc drept semifabricate în industria coloranţilor sintetici. Şi în ţara noastră, industria acidului azotic ocupă un loc de frunte în cadrul industriei chimice.

Procedee de fabricare a acidului azotic

Metodele moderne de fabricare a acidului azotic se împart în două mari categorii :

a) fabricarea acidului azotic diluat ;
b) fabricarea acidului azotic concentrat.

Procedeele de fabricare a acidului azotic diluat se grupează în trei categorii :

la presiune atmosferică ;
la presiune ridicată ;
prin procedeul combinat.

În cadrul prezentului articol se va examina automatizarea instalaţiei pentru fabricarea acidului azotic diluat la presiunea atmosferică.

* Ing. I. SZEKELY este şeful atelierului de automatizări şi utilaje speciale din Institutul de proiectări petrol-chimie.

** Ing. GH. R. IANCULESCU este inginer proiectant principal în cadrul atelierului de automatizări şi utilaje speciale din Institutul de proiectări petrol-chimie.

Procesul tehnologic de fabricare a acidului azotic diluat sub presiune atmosferică (fig. 1) [3].

Drept materie primă pentru fabricare serveşte amoniacul şi aerul [1]. Aerul necesar fabricării se ia din atmosferă, de la o distanţă suficient de mare de instalaţie, pentru a conţine o cantitate cît mai mică de urme acide. Aerul se trece printr-o instalaţie de filtrare pentru separarea impurităţilor şi se introduce în instalaţie prin suflanta *1*, coaxată cu suflanta pentru amoniac. Amoniacul, obţinut prin sinteză în stare lichidă, este trecut într-un vaporizator de amoniac, unde se evaporă cu ajutorul unei părţi din căldura recuperată din însuşi procesul de fabricare. Amoniacul gazos obţinut se introduce în gazometrul intermediar *3*, de unde trece printr-un filtru *4* (uneori în locul filtrului se foloseşte pentru purificare un turn de spălare cu amoniac lichid, care reţine foarte bine atît vaporii de ulei, cît şi impurităţile mecanice). După filtrare, amoniacul este aspirat de suflanta *1* şi introdus în fabricare. Atît aerul, cît şi amoniacul, se introduc într-un amestecător de gaze *5*, în care se formează un amestec de aer şi amoniac cu un conţinut de amoniac de 9,5—12%. Înainte de amestecător, aerul trece printr-un preîncălzitor *6*, de unde iese cu o temperatură în jur de 180°C. Amestecul obţinut se filtrează din nou printr-un filtru de porolit *7*, introdus în reactorul de sinteză *2*. În reactorul de sinteză se produce arderea catalitică a amoniacului, la o temperatură de 750—850°C, obţinîndu-se gazele nitroase.

Drept catalizator se folosesc site de platină, cu un conţinut de 7—10% rodiu. Gazele nitroase (amestec de bioxid de azot NO_2 şi

[1] Există şi instalaţii în care în loc de aer se utilizează oxigen. Procedeul de fabricare cu oxigen în loc de aer nu se tratează în acest articol.

oxid de azot NO, în proporţie de 10% în azot) se răcesc în trei trepte: în preîncălzitorul de aer *6*, apoi în recuperatorul de căldură *8*, unde căldura cedată serveşte la producerea

Dacă gazele, înainte de intrarea în primul turn de absorbţie, sînt bine răcite şi oxidate, atunci producţia finită (acid azotic de concentraţie 45—50%) se scoate din al doilea turn

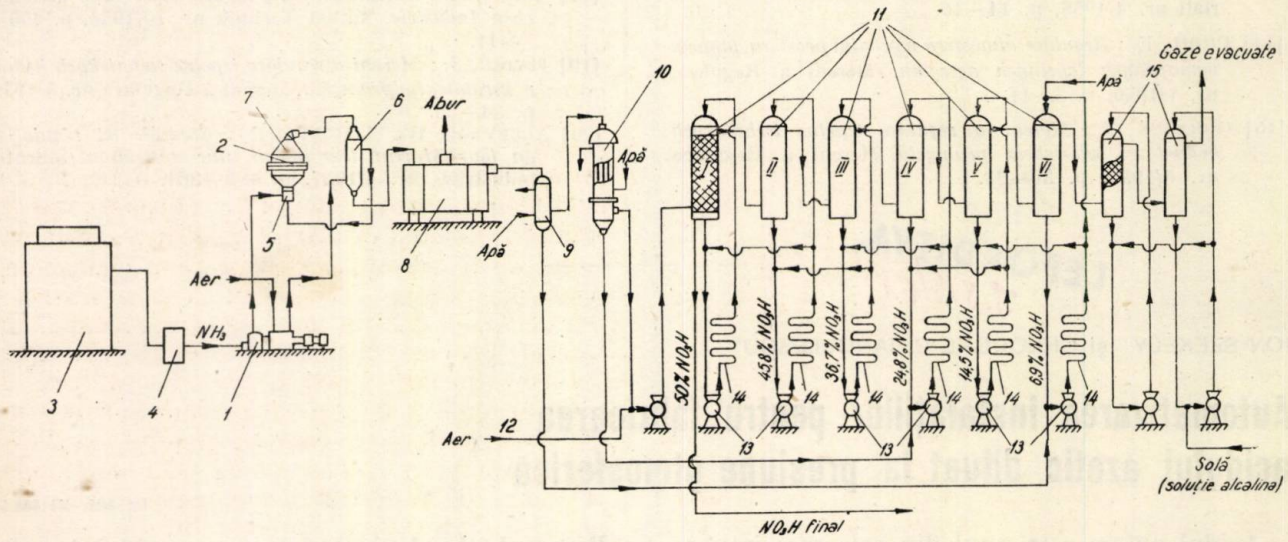


Fig. 1. Schema tehnologică pentru fabricarea acidului azotic diluat la presiune atmosferică.

aburului, utilizat atît în scopuri tehnologice, cît şi în afara instalaţiei şi în răcitoarele tubulare *9* şi *10*, unde se formează un acid azotic cu o concentraţie de 3—20%. Gazele nitroase răcite trec apoi în instalaţia de absorbţie, care constă de obicei din şase turnuri de absorbţie *11*, unde gazele nitroase sînt absorbite în apă. În sistemul de absorbţie, prin conducta *12* se introduce aer, pentru oxidarea oxidului de azot NO în bioxid de azot NO_2. În fiecare turn de absorbţie, gazele nitroase se introduc în partea inferioară şi ies prin partea superioară, devenind din ce în ce mai sărace în oxizi de azot, de la turnul *11—I* spre turnul *11—VI* şi ieşind în final cu o concentraţie de circa 0,8%, ceea ce corespunde cu un randament de utilizare a oxizilor de azot de 90—92%. Apa de absorbţie se introduce pe la partea superioară a turnului de absorbţie *11—VI*, din care iese pe la partea inferioară, avînd un conţinut de acid azotic diluat. O parte din această soluţie se trece mai departe, spre celelalte turnuri de absorbţie, în contracurent cu gazele nitroase, devenind din ce în ce mai concentrată în acid azotic, iar o altă parte se recirculă în turnuri cu ajutorul pompelor de recirculaţie *13*. Acidul azotic de concentraţie intermediară care se recirculă, se trece prin răcitoarele *14*, pentru a se asigura condiţii optime produsului de absorbţie. Resturile de gaze nitroase de la ieşirea ultimului turn de absorbţie, cu o concentraţie de 0,8%, se trec printr-un sistem de două turnuri de absorbţie *15*, alimentate cu o soluţie alcalină, capabilă de a absorbi restul de gaze nitroase, formîndu-se o soluţie de azotaţi şi azotiţi alcalini. de absorbţie *11—II*; în caz contrar, producţia finită se scoate din primul turn de absorbţie *11—I*. Acidul azotic diluat, astfel obţinut, conţine oxizi de azot nereacţionaţi. Pentru a evita pierderea acestor oxizi, acidul azotic se încălzeşte pînă la temperatura de 50—55°C şi se barbotează cu aer. Gazele nitroase, astfel obţinute, se introduc în instalaţia de absorbţie.

Scopurile fundamentale ale reglării automate a procesului tehnologic de fabricare a acidului azotic diluat la presiunea atmosferică [1], [2].

Parametrul principal care decide în ultimă instanţă randamentul instalaţiei de fabricare a acidului azotic diluat este raportul cantităţilor de amoniac şi aer din amestecul ce intră în reactorul de sinteză. Din raportul stoechiometric al reacţiei:

$$4\ NH_3 + 5\ O_2 = 4\ NO + 6\ H_2O + 216\ 700\ cal$$

rezultă că la o moleculă gram de amoniac revine 1,25 mol gram de oxigen, ceea ce corespunde la un conţinut în volum de 14,4% amoniac în aer. Practic însă, la acest raport, gradul de transformare a amoniacului în oxid de azot este foarte redus (fig. 2).

Trebuie să considerăm ca optim raportul de amestec aer-amoniac, la care se obţin randamente de utilizare a amoniacului apropiate de 100%. Întrucît scăderea sensibilă a randamentului de producere a oxidului de azot începe de la un conţinut de amoniac în aer de 11,5%, acest raport îl putem considera ca valoare limită superioară admisibilă pentru raportul amoniac-aer. Pe de altă parte, deşi reacţia de oxidare a

amoniacului în prezenţa catalizatorului se începe la o temperatură de circa 150°C, totuşi oxidarea amoniacului la temperaturi coborîte duce la formarea unei cantităţi relativ mari de azot şi a

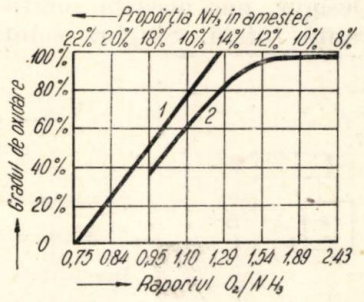


Fig. 2. Dependenţa funcţională a randamentului de utilizare a amoniacului în funcţie de compoziţia amestecului:
1 — curba teoretică; *2* — curba practică.

unei cantităţi relativ foarte mici de produs util (oxid de azot). Prin ridicarea temperaturii de reacţie, creşte din ce în ce mai mult randamentul de transformare a amoniacului în oxid de azot. În intervalul de temperaturi 600—1 000°C, randamentul atinge valori de 95—98%.

În consecinţă, regimul normal de reacţie trebuie să aibă loc la o temperatură cuprinsă în acest interval.

Acest regim de temperatură se obţine în contul căldurii de reacţie a oxidării catalitice a amoniacului. Creşterea temperaturii în contul căldurii de reacţie este egală cu

$$\Delta t = \frac{Q}{\Sigma\, mc},$$

în care: Q este căldura de reacţie; m — masa unui component gazos (amoniac sau aer); c — căldura specifică a unui component gazos.

Creşterea teoretică de temperatură, calculată în acest mod, în funcţie de raportul cantităţilor amoniac-aer, este reprezentată în fig. 3. De aci reiese că pentru fiecare procent de amoniac ne revine o creştere de temperatură de circa 70°C. Utilizînd un amestec amoniac-aer de 9,5% amoniac, regimul de reacţie este menţinut la 600°C, adică la limita de temperatură minimă admisibilă. În consecinţă, putem considera drept conţinut minim admisibil de amoniac în amestec, valoarea de 9,5%, iar drept conţinut maxim admisibil, valoarea de 11,5%. Prima şi cea mai importantă reglare automată introdusă în fabricarea acidului azotic diluat este reglarea raportului cantităţilor amoniac-aer (regulatorul y_1). În majoritatea fabricilor existente, atît din Europa, cît şi din S.U.A., se utilizează în acest scop regulatoare de raport hidraulic sistem Askania. Raportul se stabileşte dinainte, în aşa fel încît regimul de temperatură în reacţie să fie cel mai convenabil, şi se păstrează fix în decursul procesului de fabricare. Valoarea aleasă a raportului se apropie cu atît mai mult de limita maximă, cu cît pierderile de căldură ale reactorului de sinteză sînt mai mari. În ultimii ani, regulatoarele de raport hidraulice au fost înlocuite cu regulatoare pneumatice, care au o comportare convenabilă în acest proces. Un sistem unificat de regulatoare pneumatice îl constituie sistemul sovietic de tip AUS. Deşi introducerea menţinerii automate a raportului cantităţilor amoniac-aer dă o eficienţă importantă în procesul de ardere catalitică a amoniacului, nu se asigură în acelaşi timp menţinerea regimului termic în limite suficient de restrînse (în decursul acestui proces, temperatura din reactor variază între limite destul de largi, datorită variaţiei pierderilor de căldură în exterior, cum şi a consumului variabil de abur din recuperator). În aceste condiţii, reglarea temperaturii în reactor se face în mod independent de raportul amoniac-aer, acţionînd asupra temperaturii amestecului de gaze la intrarea în reactor, prin introducerea unei cantităţi suplimentare de aer rece, înaintea regulatorului de raport. Debitul de aer rece introdus este comandat în mod direct de un regulator de temperatură al temperaturii amestecului gazos introdus în reactorul de sinteză şi este reglat independent de valoarea prestabilită a raportului amoniac-aer (regulatorul y_2).

În cazul în care consumul de abur de la cazanul recuperator este relativ constant, reglarea temperaturii în zona de cataliză în modul descris dă rezultate relativ satisfăcătoare, asigurînd menţinerea temperaturii într-un interval de 15°C . . . 18°C în jurul valorii nominale. În cazul unui consum neuniform de abur de la cazanul recuperator, acest mod de reglare a temperaturii în zona de cataliză dă rezultate nesatisfăcătoare, întrucît prin dozarea de aer rece în preîncălzitorul de aer, gazele nitroase calde cedează o cantitate mai mică de căldură aerului preîncălzit, contribuind astfel la o mărire a temperaturii în zona de ardere. Influenţa importantă a cazanului recuperator ca factor perturbator se

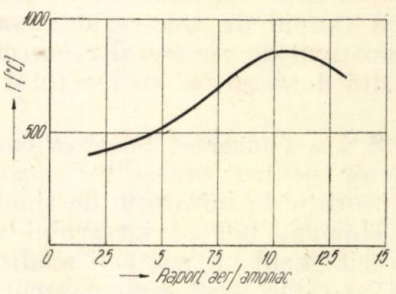


Fig. 3. Creşterea teoretică de temperatură în funcţie de raportul cantităţilor de aer-amoniac.

datorește faptului că din cantitatea de căldură purtată de gazele nitroase, preîncălzitorul de aer absoarbe circa 12%, iar cazanul recuperator circa 55%. De aceea, practic, în cazul unui consum foarte variabil de abur de la recuperator, reglarea temperaturii în reactor prin dozare de aer rece este ineficace.

Principial, reglarea temperaturii în reactorul de sinteză este posibilă și prin modificarea cantității de căldură cedată în recuperator, acționînd asupra debitului de abur (regulatorul y_3). Acest sistem are însă o inerție inadmisibil de mare și duce la o gospodărire neeconomică de abur. Modul optim de reglare a temperaturii în reactor constă în acordarea automată a regulatorului de raport amoniac-aer, în funcție de semnalul dat de traductorul termic din reactorul de sinteză (fig. 4).

Pentru ca reglarea raportului cantităților de aer și amoniac să fie univoc determinată în funcție de deschiderea ventilelor de reglare pentru aer și amoniac, este necesară stabilizarea presiunii, atît în colectorul de aer, cît și în colectorul de amoniac. În acest scop se folosesc regulatoare directe de presiune, avînd ventilele de reglare plasate pe conductele de refulare spre colectoare ale suflantei duble de aer și amoniac (regulatoarele y_4 și y_5). Întrucît un amestec aer-amoniac cu un conținut de peste 14,5% amoniac este exploziv, orice anomalie în funcționarea regulatorului de raport, care ar putea duce la mărirea concentrației de amoniac peste limita de explozie, trebuie prevenită. În acest scop, pe conducta de alimentare cu amoniac se prevede un ventil electromagnetic, normal închis, care oprește accesul amoniacului de îndată ce cade rețeaua de alimentare, scade presiunea aerului, sau se defectează regulatorul de raport. Viteza de acționare a sistemului de protecție nu trebuie să depășească 5—7 secunde, adică ceva mai puțin decît timpul de trecere al amoniacului de la dispozitivul de reglare al raportului pînă la prima sită de cataliză din reactorul de sinteză.

În U.R.S.S. s-a încercat folosirea ca dispozitiv traductor pentru avarie, un gazoanalizator prin absorbție în infraroșu, de tipul GIP-5 [1], [4], etalonat pentru intervalul 0—15% NH_3. Întrucît gazul nu poate fi analizat imediat după amestecătorul pentru amoniac-aer, care dă un amestec neomogen, proba nu se poate lua decît după filtrul de porolit. În același timp, întrucît întîrzierea gazului pe conducta de legătură de la ștuțul de luare a probei de gaz și pînă la gazoanalizator reprezintă circa 45—50 secunde, această soluție nu dă satisfacție. O soluție mai bună, aplicată în U.R.S.S. la Uzina de Îngrășăminte Azotoase din Dneprodzerjinsk, este introducerea unui termocuplu platin-platin-rodiu, cu inerție mică, sub prima sită de cataliză, cu ajutorul căruia se asigură protecția după temperatura zonei din jurul primei site de cataliză. Termocuplul este conectat la un potențiometru electronic de tip EPD-12, care dă comanda de avarie. Timpul de întîrziere a acestui sistem este de circa 15 secunde. Desigur, nici această soluție nu prezintă siguranță totală. Singura soluție sigură

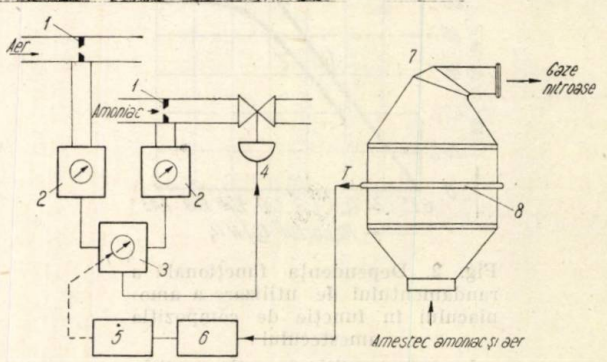


Fig. 4. Schema de reglare optimală a temperaturii în reactorul de sinteză, prin acordarea automată a regulatorului de raport amoniac-aer.

1 — diafragmă de măsură; *2* — manometru diferențial; *3* — regulator de raport de debite; *4* — ventil de reglare; *5* — bloc de acordare; *6* — traductor termic; *7* — reactor de sinteză; *8* — sită catalizatoare.

este introducerea unui contact de maxim pe debitmetrul de amoniac și a unui contact de minim pe debitmetrul de aer, care intră în sistemul de reglare a raportului și care întrerup circuitul releelor secundare care alimentează bobina ventilului electromagnetic de siguranță. Acest sistem răspunde cu certitudine atît în cazul căderii rețelei, cît și în cazuri de: defecțiune a vreunuia din debitmetre, creșterea presiunii în colectorul de amoniac, scăderea presiunii în colectorul de aer, cum și dereglarea în sensul măririi conținutului de amoniac. În același timp, sistemul răspunde într-un interval de timp de 2—3 secunde. În circuitul ventilului de siguranță se introduce și contactul de minim al gazometrului de amoniac, contact care, pe lîngă închiderea ventilului, comandă și oprirea suflantei duble pentru aer și amoniac. Dacă nivelul de amoniac în gazometru depășește o anumită valoare, apropiată de valoarea maximă, se dă o comandă de micșorare a debitului de sodă care servește la evaporarea amoniacului în vaporizatoarele de amoniac, micșorîndu-se în acest fel debitul de amoniac gazos dinspre gazometru.

Recuperatorul de căldură este prevăzut cu un regulator (y_6) de nivel al apei din recuperator și cu un regulator direct de presiune (y_7) al aburului produs. Pentru menținerea temperaturii gazelor nitroase care se trimit în instalația de absorbție în jurul valorii prescrise de 60°C, se reglează debitul apei de răcire în răcitoarele finale de gaze nitroase (regulatoarele y_8, y_9). Întrucît variația consumului de abur din recuperator constituie factorul perturbator cel mai important în ceea ce privește temperatura gazelor nitroase care ies din

recuperator, se recomandă ca reglarea debitului apei de răcire să se facă în funcţie de debitul aburului consumat din recuperator: la creşterea consumului de abur, gazele nitroase răcindu-se mai mult în recuperator, se dă o comandă de reducere a debitului apei de răcire; la micşorarea consumului de abur se dă comanda inversă, de mărire a debitului apei de răcire. Nu se recomandă ca reglarea debitului apei de răcire să se facă direct, în funcţie de temperatura gazelor nitroase care ies din recuperator, întrucît în acest caz intervine o importantă întîrziere în procesul de reglare.

Odată cu introducerea gazelor în turnul de oxidare a gazelor nitroase, se introduce şi o cantitate de aer suficientă pentru oxidarea monoxidului de azot la bioxid de azot. Întrucît la un proces bine condus, cantitatea de oxigen conţinut în gazele evacuate este de 5,5%, dozarea aerului introdus în turnul de oxidare se face în funcţie de conţinutul de oxigen în gazele evacuate (regulatorul y_{10}). Acest mod de reglare are avantajul că reacţionează în direcţie justă nu numai la variaţia concentraţiei iniţiale de monoxid de azot, ci şi la variaţiile de debit de circulaţie a gazelor nitroase, ceea ce nu se obţine în cazul reglării cantităţii de aer introdus în funcţie de concentraţia în monoxid de azot a gazelor nitroase introduse.

Întrucît în turnurile de absorbţie II/II—II/VI nivelul se păstrează constant, cu ajutorul unor regulatoare de nivel directe, iar în instalaţiile moderne prin regulatoare de nivel cu manometre diferenţiale (regulatoarele y_{13}—y_{17}), cu transmitere pneumatică a comenzii, la ventilul de pe conducta de scurgere de la un turn de absorbţie la altul, debitul de acid azotic de concentraţie intermediară este egal cu debitul apei de alimentare introdusă în ultimul turn de absorbţie. Intensitatea de recirculaţie a acidului în fiecare din turnurile de absorbţie este independentă de debitul apei de alimentare. Aceste intensităţi se stabilesc iniţial, astfel încît concentraţiile de acid azotic în fiecare turn de absorbţie să fie apropiate de valorile optime:

în turnul VI	6,9 %.
în turnul V	14,57%
în turnul IV	24,8 %
în turnul III	36,7 %
în turnul II	45,8 %
în turnul I	50 %

Pentru asigurarea unor condiţii economic optime ale procesului de absorbţie, acidul azotic de concentraţie intermediară, care se recirculă, se trece prin serpentinele răcitoare cu stropire *14*.

Debitul apei de răcire se reglează în mod automat în funcţie de temperatura de ieşire

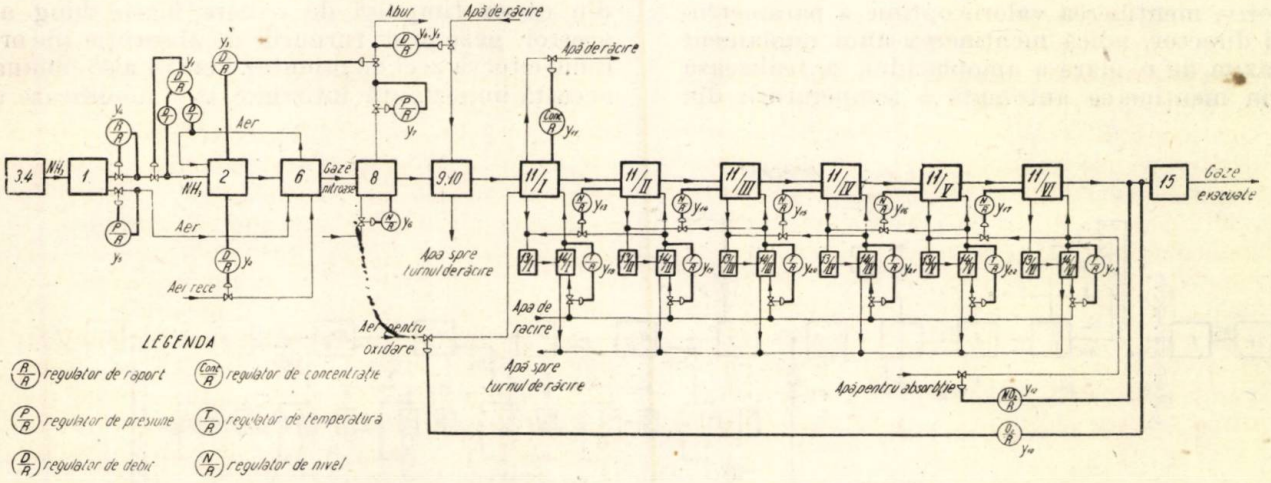


Fig. 5. Schema completă de automatizare a instalaţiei de fabricare a acidului azotic diluat la presiunea atmosferică.

Concentraţia finală a acidului azotic, adică concentraţia din primul turn de absorbţie se reglează prin evacuarea unei cantităţi mai mici sau mai mari de acid azotic diluat spre depozit. În acest scop se utilizează un concentratometru piezometric, care transmite o comandă ventilului de pe conducta de evacuare a acidului azotic (regulatorul y_{11}). Cantitatea de apă care se introduce în ultimul turn de absorbţie se reglează în funcţie de concentraţia oxizilor de azot conţinuţi în gazele evacuate (regulatorul y_{12}). Concentraţia oxizilor de azot se măsoară cu un gazoanalizator fotocolorimetric [1], [4].

a acidului din răcitor (regulatoarele y_{18}—y_{23}). Schema completă de automatizare a instalaţiei de fabricare a acidului azotic diluat la presiunea atmosferică este indicată în fig. 5.

Automatizarea complexă a procesului tehnologic de fabricare a acidului azotic diluat la presiunea atmosferică

Spre deosebire de automatizarea pe utilaje a acestui proces tehnologic, care a fost analizată, automatizarea complexă a acestei instalaţii asigură desfăşurarea procesului tehnologic în condiţii optime, reglînd parametrii

tehnologici din întreaga instalaţie în funcţie de un singur parametru, parametrul director, considerînd adică, din punctul de vedere al automatizării, întreaga instalaţie ca un singur obiect de reglare (instalaţie automatizată). În cazul procesului de fabricare a acidului azotic diluat, parametrul director este randamentul de oxidare a amoniacului în reactoarele de

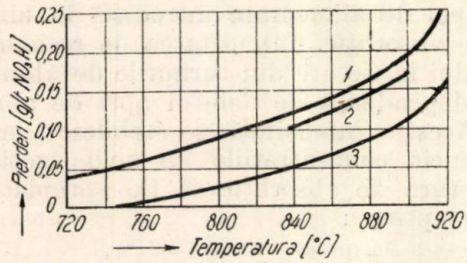


Fig. 6. Variaţia pierderilor de catalizator în funcţie de temperatura din reactorul de sinteză. Diametrul firului 0,075 mm ; numărul de ochiuri 1 024/cm²:
1 – sită de platină ; *2* – sită de platină-rodiu cu 2% rodiu ; *3* – sită de platină-rodiu cu 10% rodiu.

sinteză. Acest randament este determinat nu numai de randamentul de utilizare al amoniacului, care depinde de compoziţia amestecului (fig. 2), ci şi de consumul de catalizator. Pierderile de catalizator cresc cu temperatura din reactorul de sinteză (fig. 6). Din acest motiv, menţinerea valorii optime a parametrului director, adică menţinerea unui randament maxim de oxidare a amoniacului, se realizează prin menţinerea automată a temperaturii din

fel, la creşterea temperaturii în reactor, traductorul termic dă o comandă regulatorului de raport în sensul micşorării concentraţiei de amoniac în amestecul amoniac-aer, ceea ce are ca urmare o scădere a temperaturii la reacţia de ardere catalitică a amoniacului, iar la scăderea temperaturii în reactor, procesul de reglare decurge în mod invers. Pentru asigurarea în acelaşi timp a unor condiţii optime procesului de absorbţie a oxizilor de azot, este necesar ca la variaţia concentraţiei de gaze nitroase obţinute de la instalaţia de ardere, să se modifice în mod corespunzător debitele de aer pentru oxidare şi de apă pentru absorbţie introduse în instalaţie. Reglarea acestor două debite se face, în regimul staţionar de funcţionare, în funcţie de concentraţia în $NO + NO_2$ şi O_2 a gazelor evacuate, aşa cum s-a indicat.

La o variaţie a concentraţiei gazelor nitroase produse, datorită modificării raportului amoniac-aer în urma comenzii date de traductorul termic, trebuie să se modifice în mod corespunzător debitele de aer şi apă introduse în instalaţie. Reglarea automată a acestor debite numai în funcţie de compoziţia gazelor evacuate este nesatisfăcătoare, datorită întîrzierii cu care se sezisează la ieşire modificarea concentraţiei gazelor nitroase produse, din cauza timpului de trecere foarte lung al acestor gaze prin turnurile de absorbţie (de ordinul cîtorva zeci de minute). Pentru a se elimina această importantă întîrziere, la o modificare a

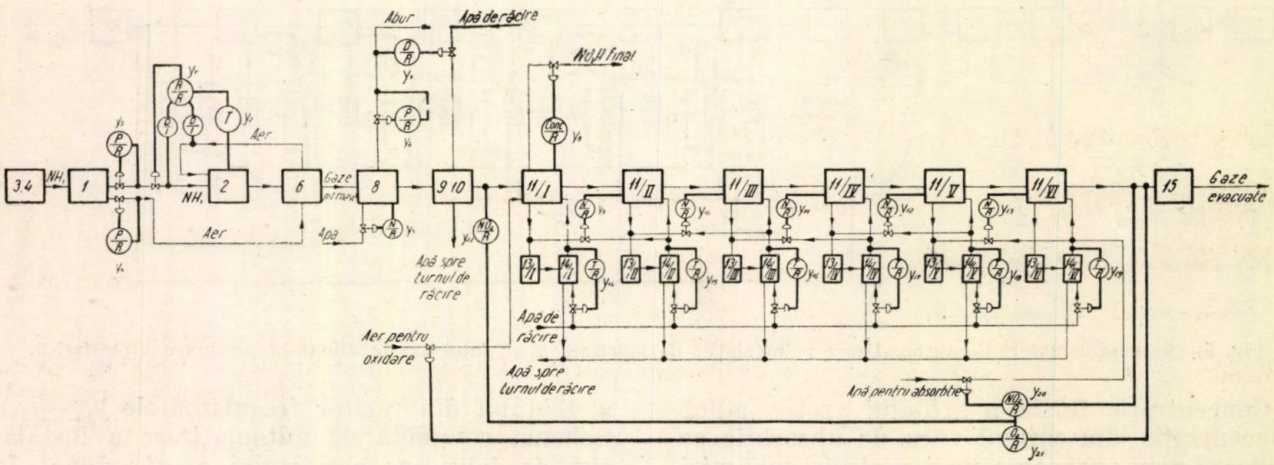


Fig. 7. Schema de automatizare complexă a instalaţiei de fabricare a acidului azotic diluat la presiunea atmosferică.

reactorul de sinteză în intervalul de temperatură care asigură un randament apropiat de cel maxim. Deoarece variaţia compoziţiei amestecului amoniac-aer influenţează în mod direct această temperatură (fig. 3), reglarea menţionată se realizează prin acordarea automată a regulatorului de raport amoniac-aer în funcţie de comanda obţinută de la un traductor termic (y_2) introdus în reactor (fig. 4). În acest

concentraţiei gazelor nitroase produse în instalaţia de ardere, se acţionează asupra debitelor de aer şi de apă prin intermediul unui regulator cu anticipare, avînd reglat timpul de anticipare egal cu timpul de trecere a gazelor nitroase prin turnurile de absorbţie (regulatorul y_{22}). Acest regulator este comandat de concentraţia gazelor nitroase produse în instalaţia de ardere şi acţionează cu eficienţă atîta timp

cît durează trecerea gazelor nitroase prin turnurile de absorbţie.

Comanda acestui regulator în funcţie de temperatura din reactorul de sinteză, prin intermediul traductorului termic, nu este indicată, datorită anticipărilor prea mari care intervin la transmiterea comenzilor (din momentul creşterii temperaturii în reactor şi pînă în momentul modificării concentraţiei de oxizi de azot se scurge un timp destul de lung).

Schema de automatizare complexă a instalaţiei de fabricare a acidului azotic diluat este indicată în fig. 7. Pe această schemă sînt indicate şi anumite reglări locale, independente de valoarea parametrului director. Pentru realizarea acestui program de reglare, debitele de aer şi apă introduse în instalaţie se reglează cu cîte un regulator pneumatic, avînd ca mecanism de execuţie un ventil de reglare cu comandă pneumatică. Impulsurile de comandă pneumatică pentru aceste regulatoare provin de la analizoarele de gaze pentru oxizii de azot şi oxigen conţinuţi în gazele evacuate (comandă proporţională), la care se adaugă comenzile pneumatice cu anticipare provenite de la analizorul pentru concentraţia oxizilor de azot produşi în instalaţia de ardere. În acest scop, potenţiometrele electronice automate de tip EPD, care sînt conţinute în analizoarele de gaze, trebuie dotate cu blocuri de transformare pneumatice, de tip proporţional şi respectiv cu anticipare. Toate aceste blocuri pneumatice de reglare fac parte din sistemul de reglare unificat de tip AUS, fabricat în U.R.S.S. În prezent, în U.R.S.S. se află în curs de experimentare introducerea maşinilor electronice de calculat pentru conducerea automată a procesului de fabricare a acidului azotic diluat.

Concluzii

Procesul tehnologic de fabricare a acidului azotic diluat se pretează foarte bine la automatizarea complexă, pe de o parte datorită faptului că este un proces, din punct de vedere tehnologic, relativ simplu, iar pe de altă parte pentru că este un proces bine studiat din punctul de vedere al condiţiilor de lucru la variaţii importante ale parametrilor tehnologici (condiţiile de optimalizare ale acestui proces sînt cunoscute).

Automatizarea complexă a acestui proces este realizabilă cu mijloace de automatizare relativ simple, care se fabrică în serie.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Avtomatizaţia himiceskih i koksohimiceskovo proizvodstv*, Metalurghizdat, Moscova, 1958.

[2] RAŞKOVAN, V. L., FAIN, Z. G., RAISFELD, N. A., SELEASTIN, V. M.: *Opitnaia avtomatizaţia proizvodstva slaboi azotnoi kislotî*, Himiceskaia Promîşlennosti, nr. 1, 1959, 73–79.

[3] ATROŞCENKO, I. V., KARGHIN, I. S.: *Tehnologhia azotnoi kislotî*, Goshimizdat, Moscova, 1949.

[4] SZEKELY, I., IANCULESCU, GH. R.: *Cîteva tipuri moderne de gazoanalizatoare fabricate în U.R.S.S.*, Automatica şi Electronica 4 (1960) 1.

HARRI HERŞCOVICI, MIOARA CĂLUŞIŢĂ, RODICA ŞERBAN*

Tendinţe moderne în construcţia regulatoarelor automate electronice

CZ 621–53:621.38

În ultimii ani, în domeniul reglării automate, dispozitivele electronice au căpătat o utilizare din ce în ce mai largă, înlocuind cu succes celelalte tipuri de dispozitive hidraulice, pneumatice etc. Unul din elementele care au permis această evoluţie a fost utilizarea în aparatura electronică a elementelor semiconductoare, elemente care, eventual în asociaţie cu amplificatoarele magnetice, rezolvă problema duratei de serviciu a instalaţiilor, înlăturînd în foarte mare măsură posibilitatea defectării neprevăzute a sistemului de reglare. Prin depăşirea acestei etape, s-au evidenţiat mai mult celelalte calităţi ale regulatoarelor electronice. Astfel, în primul rînd trebuie citată posibilitatea regulatoarelor cu circuite electronice de a fi comandate cu traductoarele cele mai diferite de la simplele traductoare de presiuni etc., ce pot comanda direct şi alte sisteme, pînă la traductoarele de *p*H şi de analiză a gazelor ce nu pot fi realizate şi nu pot comanda decît sisteme electronice. Este tipic cazul unui traductor foarte uzual, datorită calităţilor sale indiscutabile, termocuplul, care, pentru a fi folosit cu un regulator pneumatic sau hidraulic necesită un adaptor special, electronic. Regulatoarele electronice adaptîndu-se la cea mai variată gamă de traductoare, pot comanda în acelaşi

* Ing. H. HERŞCOVICI este şef de laborator, iar ing. M. CĂLUŞIŢĂ şi ing. R. ŞERBAN, cercetători la Institutul de cercetări electrotehnice.

timp oricare tip de element de acţionare, pornind de la servomotorul electric, care nu poate fi folosit în celelalte sisteme de reglare, pînă la servomotoarele neelectrice, folosind în acest scop un convertizor electropneumatic sau electrohidraulic, dispozitive relativ simple din punct de vedere constructiv. Prin ultimele două metode de acţionare se elimină şi problema pericolului, blocurile electrice ale regulatorului putînd fi montate în încăperi separate, în incinta periculoasă rămînînd doar elementul de execuţie neelectric.

Distanţa între traductoare, bloc de comandă, element de execuţie nu reprezintă o problemă în cazul regulatoarelor electronice. Firele de conexiuni între blocuri se montează cît se poate de uşor, caracteristicile lor nu sînt influenţate de variaţiile de temperatură şi umiditate ale mediului. Deteriorarea lor la lovire este o problemă mult mai puţin importantă ca în cazul conductelor regulatoarelor hidraulice sau pneumatice. Problema pericolului de îngheţ sau fisurare nu se pune ; coroziunea poate fi făcută inofensivă. Acolo unde este posibilă folosirea lor, dispozitivele de reglare electronice cu elemente de acţionare electrice sînt cele mai indicate, deoarece nu necesită încă o sursă de energie auxiliară (pneumatică, hidraulică) construită special. Energia electrică este ieftină şi se găseşte în orice întreprindere industrială.

O mare răspîndire au căpătat regulatoarele electronice pe bază de potenţiometre şi compensatoare automate. Aceste dispozitive au dat rezultate bune ca precizie şi stabilitate. Inconvenientul lor constă în faptul că pe de o parte aceste dispozitive sînt mecanisme de ajuns de complicate, implicînd multe lucrări de mecanică fină, şi, pe de altă parte, datorită dificultăţii obţinerii unei reglări continue cu funcţie PID.

Sistemele electronice moderne de reglare automată se axează pe următoarele trei linii principale :

a) reducerea la minimum a mecanismelor ;

b) înlăturarea completă a contactelor electrice ;

c) reglare şi depanare uşoară.

Un dispozitiv electronic, fără nici o parte mecanică, are mai puţine zone moarte decît, de pildă, un dispozitiv pneumatic ; este sensibil la variaţii mult mai mici ale variabilei măsurate ; permite o comportare mai bună a reglării. Aparatajul respectiv poate fi instalat în orice poziţie, piesele de rezervă se pot monta cu cea mai mare uşurinţă şi rapiditate în locul celor defecte, păstrarea lor în depozit nu pune probleme deosebite, iar sortimentul lor este relativ mic.

Caracteristicile regulatoarelor electronice

Din studiul unora din cele mai moderne sisteme de reglare automată se observă următoarele cîteva trăsături principale [3], [4], [5], [6] :

I. O primă caracteristică este că din punct de vedere constructiv toate aceste regulatoare sînt formate dintr-o multitudine de blocuri care se pot monta pe panouri sau în spatele panourilor şi ale căror subansamble şi uneori chiar ansamble se interconectează prin îmbucare unul în altul. Chiar atunci cînd există mai multe variante pentru acelaşi element constructiv, de exemplu mai multe variante ale blocului de comandă, constructiv, ele diferă puţin între ele, uneori putîndu-se chiar trece de la o variantă la alta prin schimbarea unui circuit de rezervă care se scoate şi introduce prin îmbucare.

Aproape toate circuitele electronice ale acestor blocuri funcţionale sînt construite pe bază de circuite imprimate.

Blocurile constitutive ale acestor regulatoare nu sînt caracterizate numai printr-o construcţie mecanică unitară, ci mai ales prin mărimile electrice de intrare şi ieşire. Este de la sine înţeles că aceste blocuri odată cu interconectarea mecanică trebuie să corespundă în ansamblul schemei electrice. Ca atare, traductoarele se construiesc astfel încît mărimea de ieşire să fie aceeaşi pentru toate şi egală cu mărimea de intrare a amplificatorului funcţional, putîndu-se adapta astfel direct la blocul de comandă. Mărimea de ieşire a blocului de comandă, cît şi mărimile de intrare ale adaptoarelor pentru diferitele elemente de execuţie este de asemenea aceeaşi. În cazurile speciale, cînd traductorul nu poate furniza nivelul de tensiune sau curent necesar, se folosesc amplificatoare sau convertizoare electronice, care la rîndul lor dau la ieşire o mărime corespunzătoare intrării blocului de comandă. În felul acesta transpunerea unei scheme de reglare de pe plan în realitate nu pune nici o problemă, operaţia efectuîndu-se cu cea mai mare uşurinţă (asupra acestor chestiuni vom mai reveni de altfel şi în capitolul următor unde vom da şi unele exemple practice).

Mărimile electrice de intrare şi ieşire ale blocului de comandă sînt de ajuns de greu de standardizat. În general, constructorii de regulatoare folosesc două posibilităţi :

intrarea blocului în curent alternativ iar ieşirea în curent continuu ;

intrarea şi ieşirea în curent continuu de aceeaşi valoare.

Prima are avantajul că nu necesită amplificatoare pentru semnalul furnizat de cele mai multe traductoare, în schimb necesită adaptoare pentru reglarea de raport, pentru cuplarea blocurilor de comandă în cascadă şi amplificator pentru indicator şi înregistrator.

A doua posibilitate are avantajul că nu necesită amplificatoare pentru indicator sau înregistrator, nu necesită adaptoare pentru cuplarea blocurilor de comandă în cascadă etc.,

în schimb unele traductoare necesită o amplificare suplimentară pentru obținerea semnalului de curent continuu de intrare necesar.

Ca funcțiuni și elemente constructive de bază dispozitivele de reglare electronice cuprind :

Transmițătorul constînd din traductorul care măsoară mărimea de reglare și un adaptor sau convertizor care transformă mărimea măsurată într-un semnal standard.

Receptorul care poate fi indicator, înregistrator, bloc de comandă sau element special pentru calculator centralizat. În cazul în care se dorește montarea mai multor receptoare de acest fel, ele se conectează la ieșirea aceluiași transmițător, conform indicației constructorului. De obicei, la sistemele la care transmițătorul dă un semnal de tensiune alternativă, conectarea se face în paralel, iar la sistemele la care ieșirea este în curent continuu, conectarea se face în serie, indicîndu-se rezistența de ieșire maximă admisă. Blocul de comandă cuprinde un element de comparație care compară mărimea de reglat cu mărimea de referință (valoarea prescrisă a mărimii de reglat) și un amplificator funcțional care amplifică eroarea dată de elementul de comparație și-i dă o caracteristică funcție de timp (PID). Ieșirea blocului de comandă acționează elementul de execuție.

Elementul de acționare care se reduce în esență la un servomotor electric, pneumatic sau hidraulic. Deși s-ar părea că în mod firesc regulatorul electronic trebuie să acționeze un servomotor electric, tendința modernă, manifestată prin

Pentru folosirea la un regulator electronic a unui element de execuție electropneumatic sînt necesare :

a) un convertizor semnal electric-aer modulat în presiune ;

b) un sistem cu buclă închisă de urmărire a poziției vanei numit uneori și poziționer ;

c) vana propriu-zisă.

Cum există tendința ca aceasta din urmă să fie executată de alte firme de specialitate, convertizorul și eventual și poziționerul se fabrică astfel încît să permită o adaptare ușoară la o gamă cît mai largă de caracteristici de vane.

Practic, în cazurile cele mai frecvente, convertizorul electropneumatic se montează chiar pe vană, evitîndu-se astfel legături lungi cu tuburi de aer comprimat. În cazurile de mare pericol însă, convertizorul se poate monta într-o încăpere vecină (uneori este suficientă și o construcție mecanică protejată împotriva producerii exploziilor).

Dispozitivul de reglare manuală cuprinde un comutator care permite comutarea elementului de execuție de pe ieșirea blocului de comandă pe un generator de semnal reglabil, cu ajutorul căruia se fixează poziția dorită a elementului de execuție. Acest bloc poate cuprinde și un indicator al poziției elementului de execuție.

Instalații anexe de alimentare cu tensiuni stabilizate și nestabilizate, cu aer comprimat dacă este cazul etc. Schema din fig. 1 ilustrează modul de interconectare a acestor blocuri funcționale.

II. O altă tendință care se observă în reali-

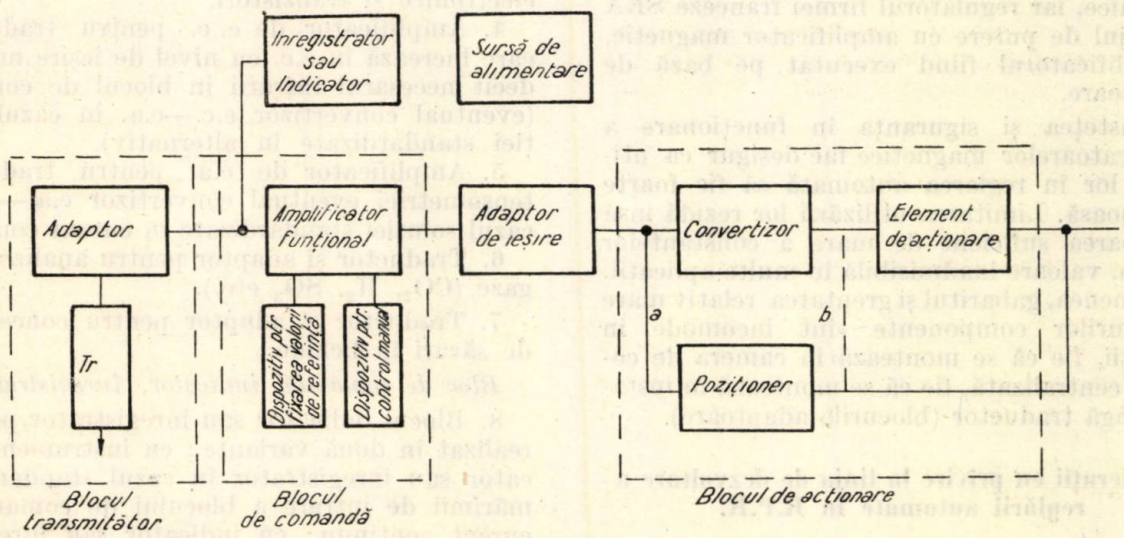


Fig. 1. Schema bloc generală a unui sistem de reglare automată.

diferitele produse puse pe piață, este îmbinarea calităților regulatoarelor electronice cu cele ale dispozitivelor de acționare pneumatică. Dintre acestea citām evitarea completă a pericolului, dimensiuni de gabarit reduse, întreținere simplă, robustețe.

zarea regulatoarelor electronice este utilizarea tranzistoarelor și mai ales utilizări combinate de tranzistoare și tuburi sau tranzistoare și amplificatoare magnetice (sau electromagnetice în sistemele de urmărire). Această tendință era de altfel de așteptat deoarece tranzistoarele au

avantajul unui gabarit mic, unui randament bun, unei durabilități practic nelimitate. Folosirea lor mărește siguranța în exploatare și scade gabaritul instalațiilor. Ca funcție electrică ele pot fi folosite ca amplificatoare de tensiune, începînd de la nivele destul de joase, uzuale în instalațiile de reglare, ca detectori sensibili la fază, în circuitele de reacție, ca modulatoare și demodulatoare.

O deficiență importantă a schemelor cu tranzistoare este puterea de ieșire, relativ mică, limitată la cîteva zeci de wați. În cazurile respective, schemele cu tranzistoare se asociază uneori cu un amplificator de putere, fie magnetic, fie electromagnetic. O altă deficiență a schemelor cu tranzistoare provine de la impedanța lor de intrare coborîtă. De aceea, unii constructori folosesc tranzistoare în asociație cu tuburile electronice, acestea din urmă fiind folosite în etajele cu reacție. Dezvoltarea și perfecționarea — în curs — a fabricației condensatoarelor de valori mari și gabarit redus, va conduce, probabil, la eliminarea acestui impediment.

III. Amplificatoarele magnetice și-au cîștigat de asemenea un loc important în domeniul regulatoarelor automate. Sînt firme care execută regulatoare construite integral pe bază de amplificatoare magnetice (de pildă Brown Boveri, regulator PID) sau Foxboro (regulator PI) altele care execută numai anumite blocuri pe acest principiu. Astfel, regulatorul elaborat de institutul VTI din Moscova are blocul convertizor c.c.—c.a. pe bază de modulator magnetic, amplificatorul fiind executat cu tuburi electronice, iar regulatorul firmei franceze SEA are etajul de putere cu amplificator magnetic, preamplificatorul fiind executat pe bază de tranzistoare.

Robustețea și siguranța în funcționare a amplificatoarelor magnetice fac desigur ca utilizarea lor în reglarea automată să fie foarte avantajoasă. Limitarea utilizării lor rezidă însă în valoarea suficient de mare a constantelor de timp, valoare inadmisibilă în multe aplicații. De asemenea, gabaritul și greutatea relativ mare a blocurilor componente sînt incomode în instalații, fie că se montează în camera de comandă centralizată, fie că se montează în instalație lîngă traductor (blocurile adaptoare).

Considerații cu privire la linia de dezvoltare a reglării automate în R.P.R.

Cele de mai sus ne ajută să ne formăm o părere în ceea ce privește linia de cercetare ce trebuie urmată în R.P.R. în scopul elaborării unui prototip de regulator universal.

Dintr-un început considerăm că soluția de urmat pentru blocul de comandă este o schemă echipată numai cu tranzistoare pentru cazul folosirii unei ieșiri pneumatice și prevăzută cu un adaptor de ieșire cu amplificatoare magnetice pentru cazul ieșirii pe electromotor. Aceasta, deoarece folosirea convertizorului pneumatic dă posibilitatea obținerii și unei amplificări în putere, printr-un releu pneumatic suplimentar în genul poziționerelor.

Blocul de comandă ar urma să fie echipat cu circuite PID, însă constructiv trebuie astfel studiat încît pentru cazurile puțin pretențioase să poată fi livrat numai PI sau cu funcțiune tip releu. Ultima variantă, utilă în cazul ieșirii electrice, dă posibilitatea folosirii unui motor de putere mai mică.

Atît mărimea electrică de intrare, cît și cea de ieșire vor trebui tipizate. Adaptorii, atît pentru intrare cît și pentru ieșire, vor avea cel puțin una din mărimi tipizată și egală cu o mărime a blocului de comandă.

În ceea ce privește blocurile necesare în prima urgență ele ar fi, după părerea noastră, următoarele :

Traductori și adaptori de intrare

1. Traductori de temperatură există fabricați în țară, atît cu termorezistență cît și cu termocuplu. Vor fi dar necesari ca adaptori : punte Wheatstone, eventual cu amplificare, pentru reglarea temperaturilor pînă la 600°C ; convertizor c.c.—c.a. sau amplificator de c.c. pentru temperaturi de la 600°C la 1 300°C.

2. Traductori de deplasare pentru presiuni, debite, nivele etc. Adaptorul respectiv va fi eventual prevăzut cu amplificare și redresare.

3. Adaptorul pentru traductor de *p*H, va fi realizat pe bază de condensator vibrant, tuburi electronice și tranzistori.

4. Amplificator de c. c. pentru traductorii care lucrează în c.c. cu nivel de ieșire mai mic decît necesarul intrării în blocul de comandă (eventual convertizor c.c.—c.a. în cazul soluției standardizate în alternativ).

5. Amplificator de c.a. pentru traductorii tensometrici eventual convertizor c.a.—c.c. în cazul soluției standardizate în curent continuu.

6. Traductor și adaptor pentru analizoare de gaze (CO_2, H_2, SO_3 etc.).

7. Traductor și adaptor pentru concentrații de săruri în lichide.

Bloc de comandă, indicator, înregistrator etc.

8. Blocul indicator sau înregistrator poate fi realizat în două variante : cu instrument indicator sau înregistrator în cazul standardizării mărimii de intrare a blocului de comandă în curent continuu ; cu indicator sau înregistrator tip servomecanism, cu bobină de acționare a indicatorului sau înregistratorului, amplificator și transformator diferențial pentru reacția negativă, în cazul standardizării în curent alternativ. Alegerea soluției este determinată de rezultatele studiului blocului de comandă.

9. Amplificatorul funcțional din blocul de comandă, conținînd surse de alimentare, etajul

amplificator de eroare PI, etajul de comandă diferenţială, etajul de putere.

10. Dispozitivul valorii prescrise depinde de soluţia adoptată pentru blocul de comandă.

11. Dispozitivul de control manual.

12. Într-o etapă ulterioară ar urma să fie studiate şi alte blocuri (ca de pildă blocuri de

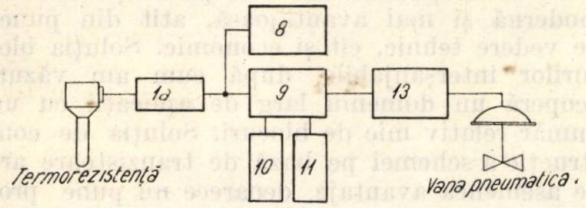


Fig. 2. Regulator de temperaturi joase.

calcul funcţional şi logic) necesare regulatoarelor automate cu performanţe speciale.

Adaptori de ieşire

13. Convertizor electro-pneumatic pe principiul duză-clapetă, prevăzut eventual cu poziţioner, comandat în curent continuu de un curent de cîteva sute de mA. În cazul asimilării în R.P.R. şi a unui regulator integral pneumatic, mărimea de ieşire a traductorului electropneumatic va trebui astfel aleasă, încît

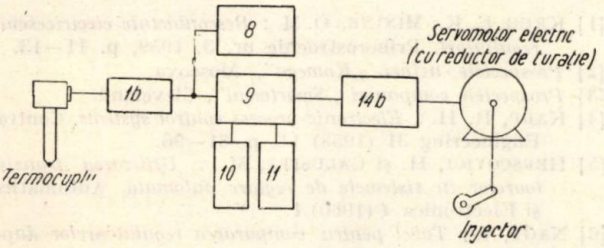


Fig. 3. Regulator de temperaturi înalte.

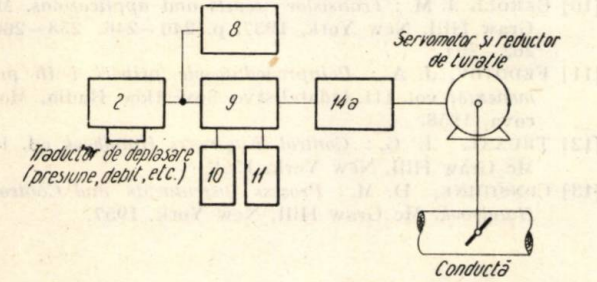


Fig. 4. Regulator de presiune sau debit.

dispozitivele pur pneumatice (servomotoare etc.) să poată fi comune atît pentru regulatorul pneumatic, cît şi pentru cel electronopneumatic.

14. Adaptor pentru servomotor electric pe bază de amplificator magnetic (dacă se va dovedi mai economic decît amplificatorul de putere cu tranzistoare), în două variante : pentru comandă continuă ; pentru comandă tip releu.

15. Adaptor pentru reglajul pe baza variabilei critice (adaptor pentru comanda unui singur organ de execuţie, măsura făcîndu-se cu mai mulţi traductori în diferite puncte tehnologice. Dintre aceşti traductori nu acţionează

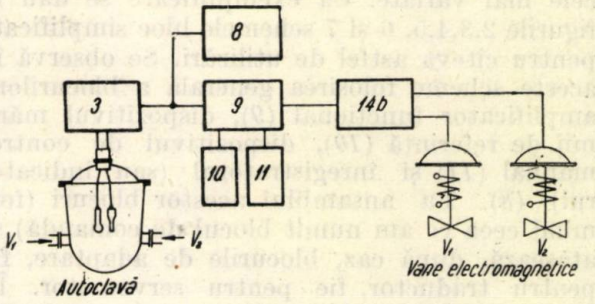


Fig. 5. Regulator de *p*H.

la ieşire decît unul şi anume cel a cărui valoare a devenit prea mare sau prea mică).

Surse de alimentare

Va trebui elaborat un bloc conţinînd o sursă de alimentare stabilizată în curent alternativ

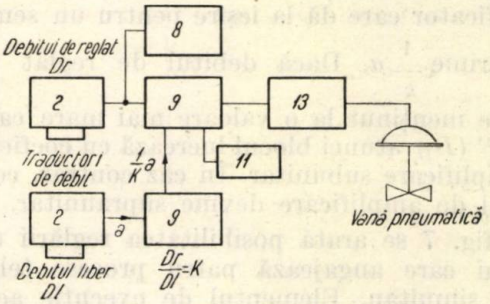


Fig. 6. Regulator de raport.

şi o sursă de curent continuu de joasă tensiune alimentată de la aceeaşi sursă stabilizată în curent alternativ. Va exista astfel posibilitatea alimentării atît a etajelor cu amplificatoare magnetice, cît şi a etajelor cu tranzistoare.

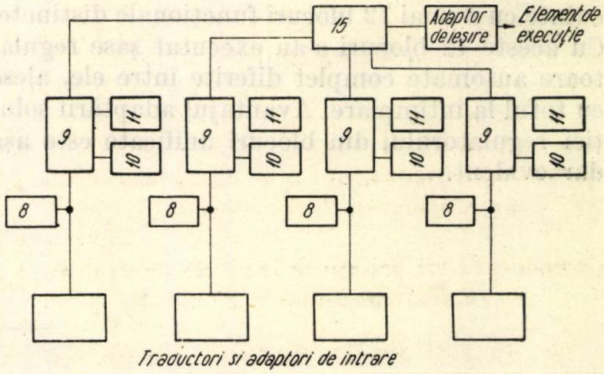


Fig. 7. Regulator pe baza variabilei critice.

Organe de execuţie

Va trebui abordat de asemenea şi domeniul organelor de execuţie, ca de pildă : servomotoare electrice, servomotoare pneumatice şi în particular vane.

Cu ajutorul acestor blocuri funcţionale se vor putea întocmi o multitudine de scheme de reglare, putînd satisface necesităţile industriale cele mai variate. Ca exemplificare se dau în figurile 2,3,4,5, 6 şi 7 schemele bloc simplificate pentru cîteva astfel de utilizări. Se observă în aceste scheme folosirea generală a blocurilor: amplificator funcţional (*9*), dispozitivul mărimii de referinţă (*10*), dispozitivul de control manual (*11*) şi înregistratorul (sau indicatorul) (*8*). La ansamblul acestor blocuri (formînd ceea ce am numit blocul de comandă) se ataşează, după caz, blocurile de adaptare, fie pentru traductor, fie pentru servomotor. În ceea ce priveşte blocurile de ieşire, soluţiile indicate în figuri sînt cu totul convenţionale.

În fig. 6 şi 7 au fost arătate două cazuri mai deosebite. În fig. 6 este arătat un regulator de raport, de pildă un regulator destinat menţinerii a două debite într-un anumit raport k. În acest scop, un bloc amplificator funcţional (*9*) este folosit fără blocurile auxiliare (*10*) şi (*11*) şi fără reacţii de stabilizare, ca simplu amplificator care dă la ieşire pentru un semnal a o mărime $\frac{1}{k}a$. Dacă debitul de reglat (D_r) trebuie menţinut la o valoare mai mare ca cel „liber" (D_l) atunci blocul lucrează cu coeficient de amplificare subunitar. În caz contrar, coeficientul de amplificare devine supraunitar.

În fig. 7 se arată posibilitatea reglării unei mărimi care angajează patru procese tehnologice simultan. Elementul de execuţie acţionează la comanda unuia din cele patru amplificatoare funcţionale (*9*) şi anume a aceluia care are valoarea minimă sau maximă, după reglarea prealabilă a blocului (*15*).

Făcînd un simplu calcul numeric referitor la fig. 2—7, constatăm că un număr de 57 funcţiuni din schemele de reglare au fost executate cu numai 12 blocuri funcţionale distincte. Cu aceste 12 blocuri s-au executat şase regulatoare automate complet diferite între ele, alese cu totul la întîmplare. Avantajul adaptării soluţiei regulatorului din blocuri unificate este aşa dar evident.

Concluzii

În ţara noastră, studiul, construcţia şi introducerea industrială a regulatoarelor automate se află abia în faza iniţială. De aceea, alegerea tendinţei de dezvoltare a reglajului automat în R.P.R. este de mare însemnătate.

De la început trebuie mers pe soluţia cea mai modernă şi mai avantajoasă, atît din punct de vedere tehnic, cît şi economic. Soluţia blocurilor interşanjabile, după cum am văzut, acoperă un domeniu larg de aplicaţii cu un număr relativ mic de blocuri. Soluţia de construcţie a schemei pe bază de tranzistoare are de asemenea avantaje deoarece nu pune probleme de uzură şi întreţinere.

Fabricarea în ţară a dispozitivelor de reglare automată va aduce economiei naţionale un aport preţios şi imediat, necesităţile unei astfel de aparaturi fiind foarte mari, interesînd industriile cele mai variate: chimică, petroliferă, siderurgică, alimentară, energetică etc.

BIBLIOGRAFIE

[1] KRUG, E. K., MININE, O. M.: *Bescontactnie electriceschie reguliatorî.* Priborostroenie nr. 3, 1959, p. 11—13.

[2] *Prospectele uzinei „Komega"*, Moscova.

[3] *Prospectele companiei „Swartwout"*, Cleveland.

[4] KARP, R. H.: *Electronic process control systems.* Control Engineering 31 (1958) 11, p. 81—96.

[5] HERŞCOVICI, H. şi CĂLUŞITĂ, M.: *Utilizarea tranzistoarelor în sistemele de reglare automată.* Automatica şi Electronica *4* (1960) 1.

[6] NAGY, I.: *Tabel pentru compararea regulatoarelor după criteriul energiilor auxiliare.* Mérés és Automatika *5* (1957) 4, p. 156—159.

[7] *Reglare pneumatică sau reglare electronică?* Automation, 1957, nr. 3 (aug.-sept.), p. 185—187.

[8] BARING, J. A.: *Amplificatoare magnetice şi cu tranzistoare în tehnica reglării automate.* Instruments and Automation, *30* (1957) 7, p. 1288—1291.

[9] WAJS, K.: *Aprecierea calităţii de funcţionare a unui sistem automatizat.* Wiadomosci Electrotechniczne (1957) nr. 9, p. 223—225.

[10] CAROLL, J. M.: *Transistor circuits and applications.* Mc Graw Hill, New York, 1957, p. 240—246, 258—260, 262—264.

[11] FEDOTOV, J. A.: *Pcluprovodnicovie priborî i ih primenenie*, vol. III, Izdatelistvo Sovestkoe Radio, Moscova, 1958.

[12] TRUXAL, J. G.: *Control Engineers Handbook* ed. II. Mc Graw Hill, New York, 1958.

[13] CONSIDINE, D. M.: *Process Instruments and Controls Handbook.* Mc Graw Hill, New York, 1957.

IOAN ENDEŞ, CONSTANTIN ILIUŢĂ, IOAN FLORESCU şi IOAN STROE *

Utilizarea dispozitivelor numerice pentru realizarea elementelor neliniare din calculatoare analogice**

CZ 681.142

Creşterea continuă a necesităţii de a efectua calcule complicate în toate domeniile ştiinţei şi tehnicii a determinat dezvoltarea extraordinar de mare a mijloacelor tehnice de calculat în ultimii ani şi a condiţionat apariţia unei direcţii principial noi în tehnica calculelor, care constă în crearea şi folosirea maşinilor electronice rapide moderne de calculat.

Maşinile electronice se folosesc pentru rezolvarea diferitelor probleme matematice complicate, cum şi ca dispozitive de comandă în diferite sisteme de comandă automată. În cazul folosirii maşinilor electronice numerice, în sistemele de comandă automată este necesar să se realizeze un transformator continuu-cifric ca dispozitiv de intrare în maşină. Pentru rezolvarea unor probleme oarecare din motive de exactitate şi rapiditate este indicat să se folosească combinat maşinile electronice analoage şi cifrice. În acest caz trebuie să se transforme mărimea continuă de la ieşirea maşinii analoage în echivalentul său cifric pentru ca astfel transformată să fie introdusă în maşina numerică. Dispozitivele de transformare a mărimilor continue în mărimi cifrice se pot folosi şi în cazul maşinii analoage, pentru a se cunoaşte la un moment dat echivalentul cifric al mărimii de la ieşirea maşinii analoage. Pentru transformarea mărimilor continue în mărimi cifrice se folosesc mai multe metode, dintre care menţionăm :

Metoda de transformare prin măsurarea numărului creşterilor unitare ale mărimii analoage

Dispozitivele realizate după această metodă sînt de obicei de natură electronică şi se utilizează pentru transformarea unui interval de timp în echivalentul său cifric. Ele se mai utilizează şi pentru transformarea mărimilor analoage de natură electrică (tensiune) în impulsuri (în acest caz fiind necesar un transformator auxiliar care să realizeze transformarea din mărime electrică în interval de timp), cum şi pentru transformarea deplasărilor unghiulare în echivalent cifric. Aceste dispozitive prezintă o serie de avantaje care fac să fie folosite destul de larg în maşinile electronice. Dintre acestea menţionăm :

etajele componente ale dispozitivului nu impun cerinţe constructive speciale ;

număr relativ mic de etaje ;

consum mic de energie ;

gamă largă de variaţie a mărimii de transformat ;

rapiditate mare în funcţionare.

Un dezavantaj al transformatoarelor din această grupă este precizia ceva mai mică decît a transformatoarelor din grupa a doua, dar totuşi suficient de mare pentru cerinţele care se impun în mod curent dispozitivului.

Metoda de transformare prin comparaţie şi scădere

Dispozitivele construite după această metodă se folosesc numai pentru transformarea tensiunii în formă cifrică. La baza acestei metode stă comparaţia între tensiunea de intrare (de transformat) cu tensiunile etalon care scad conform cu baza sistemului de numărare ales. Aceste dispozitive au o serie de avantaje, printre care :

precizie maximă prin extinderea după dorinţă a numărului ordinelor numerice (eroarea maximă nu depăşeşte 0,1 %) ;

rapiditate mare determinată în principiu de numărul ordinelor şi caracteristicilor de timp ale elementelor utilizate.

Frecvenţa măsurătorilor poate ajunge pînă la 10^5 transformări pe secundă. Ca dezavantaje menţionăm :

este necesară o mare stabilitate a tensiunilor etalon ; se cere ca eroarea dată de nestabilitatea tensiunilor etalon să fie de cîteva ori mai mică decît eroarea totală dată de dispozitiv ;

aceste transformatoare sînt cele mai complicate dintre toate tipurile de transformatoare, deoarece sînt legate de scheme logice de comparaţie şi comutare a tensiunilor etalon, motiv pentru care se folosesc numai atunci cînd exactitatea sau rapiditatea cerută nu poate fi asigurată cu alte transformatoare ;

consum ridicat de energie.

Metoda de transformare printr-o singură numărare

Folosind principiul acestei metode s-au realizat transformatoare ale unghiului de rotire în cod cifric. Precizia de transformare a dispozitivelor din această grupă este determinată de

* Cpt. ing. I. ENDEŞ, lt. ing. C. ILIUŢĂ, lt. ing. I. FLORESCU şi lt. ing. I. STROE sînt lectori în cadrul Academiei Militare Generale.

** Comunicare la Consfătuirea tehnico-ştiinţifică asupra maşinilor de calcul, Bucureşti, 13—15 ianuarie, 1960.

precizia de construcţie a părţilor codificate. Deci, pentru a se obţine o precizie mare, este necesar ca tehnologiei de prelucrare a părţilor codificate să i se acorde o deosebită atenţie. Există un număr mare de variante constructive de transformatoare de acest tip, realizate sub formă mecanică sau electromecanică, care au rapiditate relativ mică şi necesită piese cu toleranţe mici, pentru a se obţine o precizie suficientă.

Consideraţii asupra dispozitivului ales

Ne-am propus să realizăm un dispozitiv care să fie utilizat ca dispozitiv de ieşire al unei maşini electronice analoage de calcul şi în alte scopuri. Dispozitivul a fost realizat după principiul primei grupe de transformare : tensiunea continuă de la ieşirea maşinii se transformă întîi în interval de timp şi apoi intervalul de timp este transformat în formă cifrică.

Avînd în vedere scopul arătat mai sus şi ţinînd seama că :

unitatea maşinii analoage este 100 V ;

frecvenţa maximă de variaţie a mărimii de la ieşire este $1 \div 2$ Hz.

Am ales frecvenţa de repetiţie a măsurătorilor egală cu 25 Hz. Ne-am impus ca mărimea continuă să fie reprezentată printr-un număr de 1 000 de impulsuri, cînd ea are valoarea maximă. Ţinînd seama că frecvenţa măsurătorilor este de 25 Hz, pentru ca timpul de restabilire a schemei să fie suficient de mare am ales frecvenţa celor 1 000 de impulsuri egală cu 50 kHz. Pentru alegerea schemei bloc a dispozitivului am avut în vedere următoarele considerente :

să asigure o precizie suficientă ;

să fie cît mai simplu ;

să fie sigur în funcţionare.

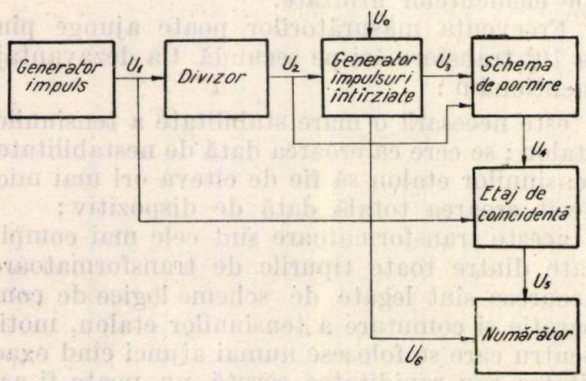


Fig. 1. Schema bloc a dispozitivului pentru transformarea mărimilor continue în mărimi cifrice.

Pentru transformarea tensiunii în formă cifrică se utilizează, după cum am văzut, dispozitive din grupa întîi şi a doua de transformare. Dispozitivele din grupa a doua de transformare dau o precizie mare dar sînt foarte complicate, greu de reglat şi nu posedă o bună siguranţă în funcţionare, pe cînd dispozitivele din grupa întîi de transformare, deşi nu dau precizia maximă, sînt simple şi sigure în funcţionare. Avînd în vedere aceste avantaje ale dispozitivelor din prima grupă am ales schema bloc a dispozitivului, conform schemei bloc a dispozitivelor din această grupă. Sub formă simplificată, această schemă bloc este arătată în fig. 1.

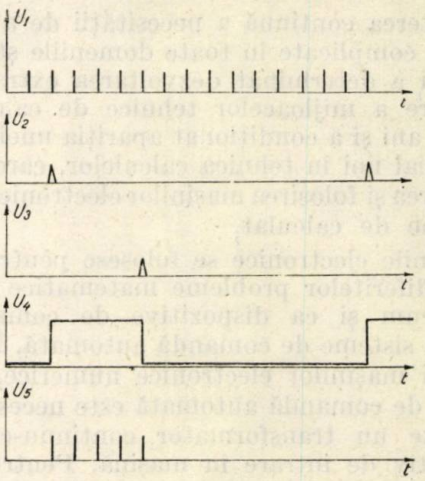


Fig. 2. Diagramele de funcţionare a schemei bloc din fig. 1.

După cum am arătat mai înainte, pentru transformarea tensiunii în echivalent cifric este necesar să se transforme mai întîi tensiunea în interval de timp, iar acesta se transformă în formă cifrică. În schema bloc din fig. 1, transformarea tensiunii în interval de timp este realizată de generatorul impulsurilor întîrziate şi de schema de pornire. Funcţionarea schemei bloc este următoarea (fig. 2) :

Generatorul de impulsuri produce tensiunea U_1 sub formă de impuls de frecvenţă 50 kHz şi amplitudine 20 V. Aceste impulsuri comandă divizorul de frecvenţă şi schema de coincidenţă.

Divizorul de frecvenţă dă la ieşire impulsul U_2, de frecvenţă 25 Hz şi amplitudine 40 V, care comandă generatorul impulsurilor întîrziate şi schema de pornire.

Generatorul impulsurilor întîrziate are două intrări : tensiunea U_0 de valoare $0 \div 100$ V şi frecvenţă $0 \div 2$ Hz şi impulsurile sosite de la divizorul de frecvenţă. Impulsurile generate U_3 sînt întîrziate faţă de impulsurile de comandă U_2 cu un timp de valoare $0 \div 20$ ms proporţional cu mărimea continuă introdusă. Schema de pornire produce un impuls pozitiv U_4 de amplitudine 20 V şi durată egală cu întîrzierea în timp dintre impulsurile U_2 şi U_3. Prin aceasta s-a realizat transformarea mărimii continue U_0 în interval de timp proporţional cu ea.

Etajul de coincidenţă primeşte impulsul pozitiv U_4 şi lasă să treacă pe durata acestui impuls, impulsurile U_1 de frecvenţă 50 kHz. La ieşirea etajului de coincidenţă rezultă impulsuri cu frecvenţa 50 kHz proporţionale ca număr cu

durata impulsului U_4 sosit de la schema de pornire, adică proporțional ca număr cu tensiunea continuă U_0. Prin aceasta s-a realizat transformarea mărimii continue U_0 în echivalentul său cifric.

Numărătorul va înregistra impulsurile care reprezintă cifric valoarea tensiunii U_0. Periodic cu frecvența de 25 Hz trebuie realizată ştergerea indicațiilor numărătorului şi aceasta se face prin impulsul U_6, sosit de la generatorul impulsurilor întîrziate.

Considerații asupra erorii dispozitivului

Fiind utilizat în mașinile de calcul, dispozitivul trebuie să asigure o precizie ridicată, deoarece mărimea introdusă la intrarea mașinii numerice va avea precizia pe care o dă dispozitivul de transformare. De aceea, în alegerea schemei bloc a diferitelor elemente componente ale dispozitivului trebuie avută în vedere în primul rînd precizia pe care o asigură elementele componente, cum şi măsura în care eroarea elementelor luate separat intră în eroarea totală a dispozitivului. Precizia fiind una din cerințele fundamentale ale dispozitivului, vom analiza pe scurt care sînt elementele de care depinde cel mai mult.

Dintre elementele componente ale dispozitivului, blocurile care dau ponderea principală în eroarea totală a dispozitivului sînt : generatorul impulsurilor întîrziate şi generatorul de impulsuri.

Generatorul impulsurilor întîrziate este comandat de impulsul U_2 (fig. 1), sosit de la divizorul de frecvență şi produce impulsul U_3 întîrziat în timp față de impulsul de comandă cu intervalul de timp $\Delta t = KU_0$, unde $K = 200$ $\mu s/V$ este o constantă de proporționalitate.

Tensiunea continuă U_0 fiind variabilă între $0 \div 100$ V rezultă că intervalul de timp Δt trebuie să varieze între $0 \div 20$ ms. În gama arătată de variație a tensiunii U_0 ($0 \div 100$ V), coeficientul de proporționalitate K trebuie să rămînă constant, deoarece de variația acestei mărimi în gamă şi în timp depinde în cea mai mare măsură eroarea dispozitivului în gamă şi timp. Coeficientul de proporționalitate trebuie să varieze foarte puțin cu variația tensiunilor de alimentare, cu schimbarea şi îmbătrînirea tuburilor, cu variația parametrilor atmosferici etc. Generatorul impulsurilor întîrziate trebuie să fie astfel ales încît să satisfacă aceste cerințe.

Generatorul de impulsuri influențează şi el asupra preciziei dispozitivului. Dacă frecvența măsurătorilor este ridicată (rapiditate mare), generatorul de impulsuri va trebui să aibă o frecvență de repetiție mare, pentru ca mărimea continuă de transformat să fie reprezentată printr-un număr suficient de impulsuri. Prin urmare, pentru mărirea preciziei în acest caz trebuie mărită frecvența de repetiție a impulsurilor. Mărirea frecvenței de repetiție nu este însă totdeauna posibilă, deoarece este limitată de rapiditatea de lucru a numărătorului. În cazul cînd s-a mărit frecvența impulsurilor pînă la frecvența limită de lucru a numărătorului, precizia mai poate fi încă ridicată prin utilizarea aşa-numitului „vernier electronic" (principiul vernierului electronic va fi arătat mai tîrziu). În cazul de față, frecvența măsurătorilor este mică (25 Hz) şi mărimea continuă este reprezentată printr-un număr suficient de impulsuri (10^3), fără ca aceştia să aibă o frecvență de repetiție ridicată (50 kHz). Din această cauză nu mai este necesar să se folosească „vernierul electronic" pentru mărirea preciziei măsurătorilor. Generatorul de impulsuri trebuie să fie stabilizat pentru a nu se mări suplimentar eroarea din cauza nestabilității frecvenței.

Generatorul de impulsuri şi divizorul de frecvență

Generatorul de impulsuri este un multivibrator astabil cu cuplaj capacitiv şi cu grila la masă. Este preferat acest montaj în locul oscilatorului autoblocat, avînd în vedere simplitatea schemei şi fiind sincronizat, generează o frecvență foarte stabilă. Schema bloc a părții generator de impulsuri şi divizor de frecvență este arătată în fig. 3. Generatorul de impulsuri de 50 kHz este sincronizat cu oscilații generate de oscilatorul cu cuarț, pentru a se obține o frecvență cît mai stabilă.

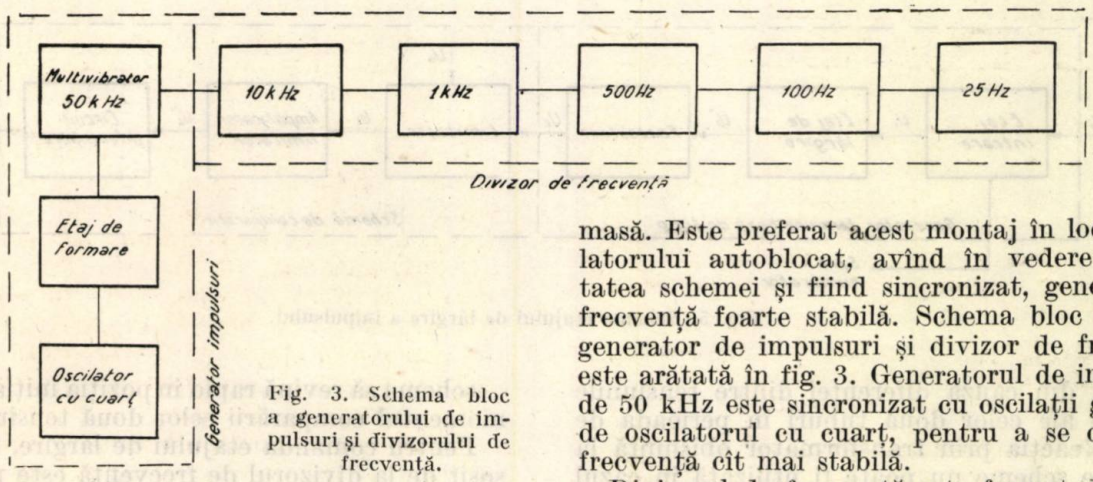


Fig. 3. Schema bloc a generatorului de impulsuri şi divizorului de frecvență.

Divizorul de frecvență este format din cinci multivibratoare astabile cu grilele la masă. Raportul de divizare global este :

$$K = \frac{50 \cdot 10^3}{25} = 2\,000.$$

Pentru a obţine acest raport, am realizat o divizare în mai multe etaje, astfel ca în final raportul de divizare să fie cel impus.

$$K = K_1K_2K_3K_4K_5 = 5\times5\times4\times5\times4 = 2\,000$$

Am ales aceste rapoarte de divizare pentru se obţine un număr cît mai mic de etaje şi, în acelaşi timp, ţinînd seamă că un raport mai mare de divizare pentru multivibratoare astabile necesită măsuri speciale de stabilizare a oscilaţiilor proprii ale oscilatorului de relaxare; în acelaşi timp trebuie stabilizată tensiunea minimă pe plăcile tuburilor (de ex. cu ajutorul unei diode de fixare) şi aceasta ar fi complicat prea mult montajul.

Generatorul impulsurilor întîrziate

În eroarea totală a dispozitivului, eroarea principală este dată de generatorul impulsurilor întîrziate. De aceea, acestui bloc trebuie să i se

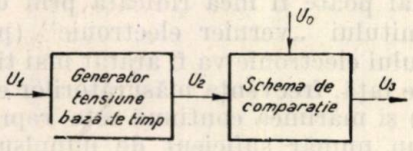


Fig. 4. Schemă de obţinere a întîrzierii variabile.

acorde o deosebită atenţie pentru a se găsi schema cea mai simplă care să asigure o precizie suficientă. În cazul de faţă nu poate fi folosit fantastronul obişnuit pentru a se obţine întîrzieri variabile, deoarece se cere ca întîrzierea să fie $0 \div 20$ ms, iar fantastronul nu este stabil pentru întîrzieri mici în comparaţie cu durata maximă de lucru. Utilizarea unui sanotron duce la imposibilitatea de a se obţine $\Delta t = 0$ pentru $U_0 = 0$, din cauza diferenţei dintre tensiunile de grilă ale celor două tuburi în perioada de lucru. Reacţia prin transformator obişnuită la astfel de scheme nu poate fi utilizată în cazul de faţă din cauză că rezultă un transformat de mărimi nepractice. Neajunsul arătat poate fi înlăturat prin utilizarea unui fantastron care să întîrzie impulsul de comandă U_2 (fig. 1), care comandă schema de pornire cu un timp egal cu întîrzierea impulsului U_3, atunci cînd $U_0 = 0$. Aceasta însă complică simţitor schema. O schemă simplă de obţinere a întîrzierii variabile şi care înlătură neajunsurile arătate, este reprezentată în fig. 4. Impulsul de comandă U_1 declanşează generatorul tensiunii bază de timp. Tensiunea în dinte de fierăstrău U_2 se aplică la schema de comparaţie, unde este comparată cu tensiunea de transformat U_0. În momentul în care cele două tensiuni sînt egale, schema de comparaţie elaborează un impuls şi care va fi întîrziat faţă de impulsul de comandă U_1 cu un timp proporţional cu tensiunea continuă U_0. Precizia de întîrziere liniară cu tensiunea U_0 a impulsului U_3 faţă de impulsul U_1 depinde de amîndouă elementele componente ale dispozitivului. Tensiunea bază de timp (cu care se compară tensiunea continuă U_0) trebuie să aibă o liniaritate cît mai bună pentru ca transformarea să nu se facă cu erori importante. Schema cea mai simplă de obţinere a acestei tensiuni este schema fantastron. Tensiunea generată de fantastron trebuie să fie nu numai liniară, dar trebuie să-şi mai păstreze constantă în timp viteza de descreştere a tensiunii, să-şi păstreze nivelul iniţial şi final al tensiunii, să-şi păstreze cu timpul valoarea salturilor de tensiune etc. Din acest punct de vedere, fantastronul funcţionează mai bine dacă nu este comandat cu un impuls scurt, ci cu un impuls lat. Prin urmare, este necesar un etaj de lărgire a impulsului (fig. 5). Ca etaj de lărgire a impulsurilor poate fi folosit un multivibrator monostabil deoarece este simplu, iar nestabilitatea impulsului generat nu influenţează eroarea dispozitivului dacă se iau următoarele măsuri:

durata impulsului generat de etajul de lărgire să fie mai mare decît durata utilă a bazei de timp (20 ms), cu o cantitate egală sau mai mare decît nestabilitatea impulsului;

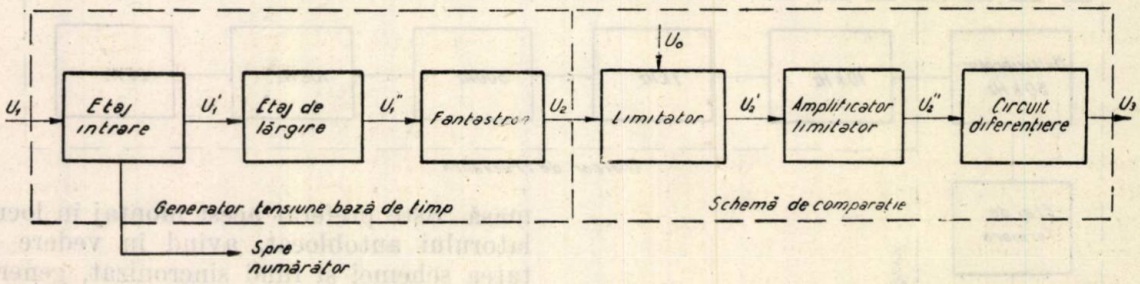


Fig. 5. Schema etajului de lărgire a impulsului.

schema să revină rapid în poziţia iniţială, după momentul comparării celor două tensiuni.

Pentru comanda etajului de lărgire, impulsul sosit de la divizorul de frecvenţă este prelucrat în etajul de intrare pentru a i se da amplitudinea necesară. Funcţia principală a etajului de intrare este de a prelucra impulsul necesar ştergerii periodice a numărătorului, după fiecare numărare.

Schema de comparaţie se compune dintr-un limitator cu diodă şi două amplificator-limitatoare cu pentodă. La limitatorul cu diodă soseşte tensiunea în dinte de fierăstrău şi tensiunea continuă U_0. Limitatorul cu diodă limitează baza de timp pentru valori ale tensiunii bază de

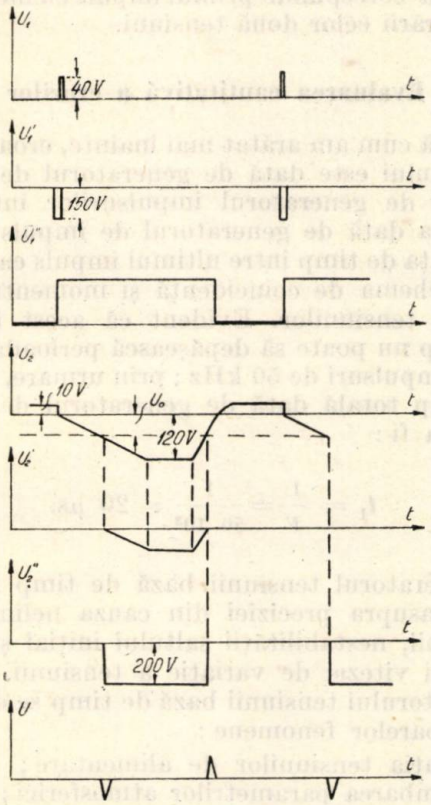


Fig. 6. Obţinerea impulsului întîrziat.

timp mai mari decît tensiunea U_0, iar amplificator-limitatoarele limitează inferior baza de timp şi amplifică o mică porţiune a acestei tensiuni (în jurul poziţiei de valoare U_0) transformînd-o în salt de tensiune. Diferenţiind saltul de tensiune, obţinem impulsul întîrziat (fig. 6).

Schema de pornire şi etajul de coincidenţă

Schema de pornire este un multivibrator bistabil comandat pe grile prin două diode de limitare. Impulsul generat se aplică la etajul de coincidenţă. Acesta este blocat în timpul de repaos cu o tensiune pozitivă pe catod, iar impulsul sosit de la schema de pornire îl aduce în pragul deschiderii. Etajul este deschis de impulsurile de 50 kHz (sosite de la generatorul de impulsuri), numai cît timp durează impulsul sosit de la schema de pornire.

Numărătorul electronic

Schema bloc a numărătorului este dată în fig. 7. Numărătorul se compune din etajul de formare şi trei decade de numărare. Cele trei decade de numărare permit numărarea şi indicarea impulsurilor pe bază 10 pînă la cifra 1 000. Viteza de numărare maximă este 50 kHz. Ţinînd seamă de folosirea numărătorului în dispozitivul ales, ştergerea indicaţiilor se face cu impulsuri cu frecvenţa de repetiţie de 25 Hz primite de la etajul de intrare din schema generatorului tensiunii în dinte de fierăstrău.

Puterea de rezoluţie a circuitului de numărare este mai bună de 20 μs. Etajul de formare asigură funcţionarea sigură a schemei de numărare şi se compune dintr-un repetor catodic ca etaj separator şi un multivibrator monostabil.

Decada de numărare este construită pe bază de multivibratoare bistabile, care declanşează, cu ajutorul unei duble diode, şi care foloseşte un circuit de reacţie special. Citirea la un moment dat se face prin oprirea impulsului de comandă a bazei de timp şi a impulsului de ştergere a numărătorului. Pentru indicarea numărării exacte se folosesc becurile cu neon. Alegerea datelor de lucru a numărătorului electronic, cît şi alegerea schemelor lui componente au fost făcute avînd

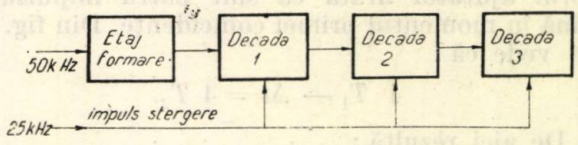


Fig. 7. Schema bloc a numărătorului electronic.

în vedere obţinerea unei construcţii simple, exacte şi sigure în funcţionare, cît şi pentru folosirea lui în dispozitivul de transformare ales.

Vernierul electronic

După cum s-a arătat mai înainte, pentru mărirea preciziei măsurării unei tensiuni se poate utiliza vernierul electronic. Utilizarea vernierului electronic măreşte de cîteva ori precizia dispozitivului, fără a mări frecvenţa generatorului de impulsuri. În fond, eroarea datorită generatorului de impulsuri este dată de diferenţa de timp Δt, dintre ultimul impuls care trece prin etajul de coincidenţă şi momentul comparării celor două tensiuni (fig. 8). Mărirea preciziei cu un anumit grad înseamnă evaluarea acestei diferenţe de timp cu gradul de precizie cerut. Evaluarea intervalului de timp se poate face cu ajutorul vernierului electronic, care constă în următoarele :

Să presupunem că un generator de impulsuri ajutător generează impulsuri cu o frecvenţă $F_2 > F_1$, în care F_2 este frecvenţa generatorului de bază. Generatorul ajutător creează impulsuri intermitente şi primul impuls coincide

în timp cu impulsul dat de schema de comparaţie. Să presupunem mai departe că un numărător ajutător înregistrează impulsurile generatorului ajutător pînă în momentul primei coincidenţe a unui impuls de bază cu un impuls

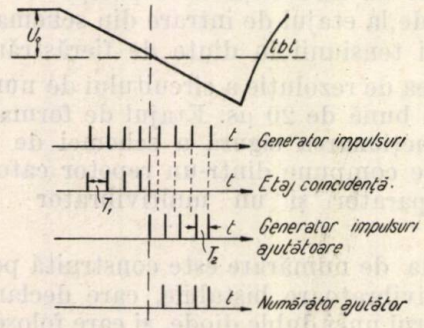


Fig. 8. Eroarea datorită generatorului de impulsuri.

ajutător. Numărul acestor impulsuri măsoară cu oarecare precizie intervalul de timp Δt.

Să luăm un exemplu :

Să presupunem că $F_2 = \frac{5}{4} F_1$ şi că numărătorul ajutător arată că sînt patru impulsuri pînă în momentul primei coincidenţe. Din fig. 8 se vede că :

$$4\ T_1 - \Delta t = 4\ T_2.$$

De aici rezultă :

$$\Delta t = \frac{4}{5}\ T_1,$$

prin urmare s-a măsurat Δt.

Dacă se utilizează vernierul electronic şi dacă în general se ia $F_2 = \frac{m}{m-1} F_1$, se măreşte precizia de m ori faţă de cazul cînd nu s-ar utiliza vernier electronic, sau altfel spus, este ca şi cum s-ar mări de m ori frecvenţa generatorului de bază. O schemă bloc posibilă a unui astfel de montaj este arătată în fig. 9.

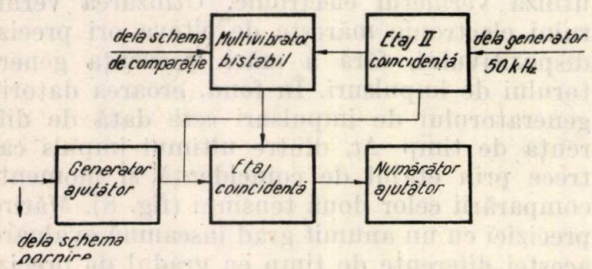


Fig. 9. Evaluarea diferenţei de timp cu ajutorul vernierului electronic.

Multivibratorul bistabil este basculat de impulsul sosit de la schema de comparaţie şi deschide etajul de coincidenţă I, care lasă să treacă spre numărătorul ajutător impulsurile generatorului ajutător. În momentul coincidenţei unui impuls de bază cu un impuls ajutător, etajul de coincidenţă II elaborează un impuls care basculează în poziţia a doua multivibratorul şi acesta închide etajul de coincidenţă I. Generatorul ajutător este comandat cu un impuls de la schema de pornire pentru a genera intermitent şi a corespunde primul impuls cu momentul comparării celor două tensiuni.

Evaluarea cantitativă a erorilor

După cum am arătat mai înainte, eroarea dispozitivului este dată de generatorul de impulsuri şi de generatorul impulsurilor întîrziate. Eroarea dată de generatorul de impulsuri este diferenţa de timp între ultimul impuls care trece prin schema de coincidenţă şi momentul comparării tensiunilor. Evident că acest interval de timp nu poate să depăşească perioada dintre două impulsuri de 50 kHz ; prin urmare, eroarea de timp totală dată de generatorul de impulsuri va fi :

$$t_1 = \frac{1}{F} = \frac{1}{50\ 10^3} = 20\ \mu s.$$

Generatorul tensiunii bază de timp influenţează asupra preciziei din cauza neliniarităţii tensiunii, nestabilităţii saltului iniţial şi nestabilităţii vitezei de variaţie a tensiunii. Erorile generatorului tensiunii bază de timp se datoresc următoarelor fenomene :

variaţia tensiunilor de alimentare ;
schimbarea parametrilor atmosferici ;
îmbătrînirea şi înlocuirea tuburilor ;
nestabilitatea mărimii elementelor parazite.

Dispozitivul fiind utilizat în maşinile electronice, va fi alimentat cu tensiuni stabilizate şi, din această cauză, erorile de timp datorate variaţiei tensiunilor de alimentare se reduc simţitor. Folosind, de exemplu, o stabilizare ferorezonantă ($\pm 1\% \div 1{,}5\%$), eroarea de timp datorită variaţiei tensiunii de alimentare nu depăşeşte : $t_2 = 6 \div 12\ \mu s$.

Dispozitivul lucrează într-un mediu unde variaţiile parametrilor atmosferici (în special temperatura) nu sînt prea mari şi în asemenea condiţii fără a se lua măsuri speciale, eroarea provocată de variaţia parametrilor atmosferici este neînsemnată.

Erorile provocate de îmbătrînirea sau înlocuirea tuburilor pot fi înlăturate prin recalibrări periodice ale dispozitivului. Din calcul a rezultat că valoarea coeficientului de neliniaritate a tensiunii este $\delta = 0{,}5\%$ şi calibrîndu-se dispozitivul astfel ca la $U_0 = 100$ V să se obţină 10^3 impulsuri ; eroarea de timp provocată de neliniaritatea tensiunii este :

$$t_3 = t_{max} \frac{\delta}{8 \times 100} = 20 \cdot 10^{-3} \frac{0{,}5}{8 \times 100} = 12{,}5\ \mu s.$$

Schema de comparaţie produce erori prin faptul că impulsul generat nu coincide exact cu momentul comparării. Cea mai importantă cauză este nestabilitatea caracteristicilor diodei de limitare din schema de comparaţie, atunci cînd tensiunea de încălzire variază. O schimbare a tensiunii de filament cu 10% duce la o schimbare a momentului declanşării impulsului cu cantitatea :

$$t_4 = \frac{0{,}1}{K}$$

unde K este viteza de variaţie a tensiunii în dinte de fierăstrău. O altă cauză a erorilor este îmbătrînirea diodei de limitare. Folosind o compensare a variaţiilor tensiunii de filament şi a îmbătrînirii diodei, eroarea de timp provocată de cauzele arătate se reduce de 3—8 ori. Deci :

$$t'_4 = \frac{t_4}{3 \div 8} = \frac{0{,}1}{(3 \div 8) \times 5 \cdot 10^{+3}} = 2{,}5 \div 6{,}8 \ \mu s.$$

Eroarea totală va fi :

$$t = t_1 + t_2 + t_3 + t'_4 = 40 \div 50 \ \mu s,$$

sau exprimată în procente $t = 0{,}20 \div 0{,}25\%$.

BIBLIOGRAFIE

[1] GITIS : *Electroradioavtomatika*. Gosenergoizdat, Moscova, 1959.

[2] ITHOKI : *Proektirovanie elementov impulsnîh ustroistv* A.A.I.A. Jukovskcovo, 1951.

[3] MEROVICI, I. A. şi ZELICENKO, I. G. : *Tehnica impulsurilor*. Editura Tehnică, Bucureşti, 1957.

[4] MAIOROV : *Electronie vicislitelnie maşini*. Gosenergoizdat, Moscova, 1949.

[5] LIKOV, A. I. : *Rasciot gheneratorov impulsov*.

[6] Avtomatika i telemekanika *20* (1959) 3.

ADRIAN KORITZER *

Studiul şi realizarea unui amplificator distribuit

CZ 621.375.121.2

Cerinţele actuale ale tehnicii cer schemelor electronice condiţii din ce în ce mai greu de realizat. Astfel, tehnica impulsurilor avînd o durată de ordinul milimicrosecundelor, impun amplificatoarelor din circuitele respective limite de frecvenţă de ordinul sutelor de MHz. Dacă ne referim la factorul cîştig-bandă al tuburilor, factor care este $\frac{S}{2\pi (C_a + C_g)}$ şi care practic nu depăşeşte 10^8, rezultă că pentru o bandă de frecvenţe de 200 MHz, de exemplu, amplificarea unui tub nu poate fi mai mare de 0,5. Legarea mai multor tuburi în paralel nu rezolvă problema, deoarece odată cu creşterea pantei cresc şi capacităţile parazite. În acest caz factorul cîştig-bandă al tubului echivalent rămîne constant, indiferent de numărul de tuburi legate. Pentru realizarea amplificatoarelor cu o bandă de frecvenţă mai mare de 100 MHz, s-a impus în ultimii ani tehnica amplificatoarelor distribuite.

Principiul de funcţionare

Schema de principiu a unui etaj de amplificator distribuit este arătată în fig. 1. După cum se vede, grilele şi anodele tuburilor sînt legate la două linii artificiale formate din inductanţele L_a respectiv L_g şi capacităţile parazite C_a, respectiv C_g. Liniile sînt terminate pe impedanţele lor caracteristice, astfel ca să nu avem reflexii la capete. Un semnal e_g venit

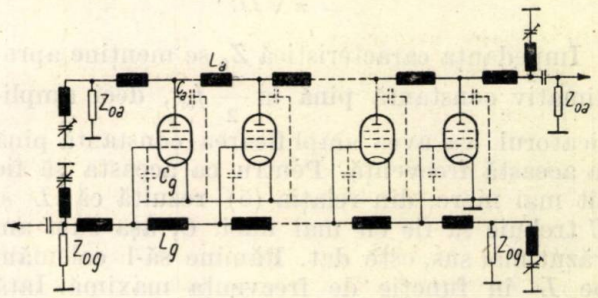


Fig. 1. Schema de principiu a unui etaj de amplificator distribuit.

pe linia de grilă se propagă de-a lungul acesteia. Semnalul sosit pe fiecare grilă va da naştere în circuitul anodic unui curent în fază cu el.

$$i_a = Se_g \qquad (1)$$

Acest curent se împarte pe linia anodică în doi curenţi egali, unul spre dreapta, altul spre stînga liniei. Dacă timpul de propagare între secţiuni este acelaşi pe linia de grilă şi pe linia anodică, semnalele în linia anodică se adună în fază. În acest caz, sarcina terminală din dreapta va fi străbătută de un curent $\frac{ni_a}{2}$, unde n este numărul de tuburi, respectiv de celule.

* Ing. A. KORITZER este inginer în secţie la Institutul de fizică atomică al Academiei R.P.R.

Determinarea parametrilor liniilor

Se cunoaşte din teoria liniilor că impedanţa caracteristică a liniei este :

$$Z_o = \sqrt{\frac{L}{C}} \qquad (2)$$

Vom considera deci o linie de grilă, a cărei impedanţă caracteristică o notăm cu Z_{og} şi o linie anodică, a cărei impedanţă caracteristică o notăm cu Z_{oa}, unde :

$$Z_{og} = \sqrt{\frac{L_g}{C_g}} \qquad (3)$$

şi

$$Z_{o_a} = \sqrt{\frac{L_a}{C_a}} \qquad (4)$$

Deoarece curenţii anodici se împart pe cele două sarcini terminale, putem spune că fiecare tub vede în anodă o sarcină $\frac{Z_{oa}}{2}$. Pentru ca amplificarea să fie cît mai mare, este de dorit ca şi Z_{o_a} să fie cît mai mare. Din relaţia (4) rezultă două posibilităţi : ori C_a să fie cît mai mic, dar acest lucru este limitat de capacităţile parazite ale tubului, soclului şi montajului, sau L_a cît mai mare. Dacă echivalăm linia cu un filtru trece jos compus din n celule în T, atunci frecvenţa critică f_{cr} a acestui filtru este

$$f_{cr} = \frac{1}{\pi\sqrt{LC}} \qquad (5)$$

Impedanţa caracteristică Z_0 se menţine aproximativ constantă pînă la $\frac{1}{2} f_{cr}$, deci amplificatorul va avea amplificarea constantă pînă la această frecvenţă. Pentru ca aceasta să fie cît mai mare, din relaţia (5) rezultă că L şi C trebuie să fie cît mai mici. C, aşa cum am văzut mai sus, este dat. Rămîne să-l calculăm pe L în funcţie de frecvenţa maximă. Iată de cine este limitat L_a. Astfel,

$$f_{imax} = \frac{1}{2} f_{cr} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \qquad (6)$$

unde f_{imax} este frecvenţa maximă care trebuie amplificată. Din relaţiile (4) şi (6) rezultă :

$$Z_{o_a} = \frac{1}{2\ \pi f_{imax} C_a} \qquad (7)$$

şi

$$L_a = \frac{Z_{o_a}}{2\ \pi f_{max}} \qquad (8)$$

In concluzie, pentru a realiza un amplificator distribuit cu o amplificare şi o frecvenţă maximă date, trebuie să alegem un tub cu capacităţi între electrozi cît mai mici şi cu pantă cît mai mare. De exemplu, din tuburile moderne se recomandă tuburile EF 80, 6AK 5 şi 6 Ж 1 П (tabela 1).

Tabela 1

Tuburi recomandate şi caracteristicile lor

Tubul	S [mA/V]	C_{gk} [pF]	C_{ak} [pF]	C_{ag} [pF]	$A \times B$ *
EF 80	7,4	7,5	3,3	0,007	$\sim 1.10^8$
6Ж1П	5,2	4	2,1	0,02	$\sim 1.10^8$
6AK5	5,2	4,3	2,1	0,03	$\sim 1.10^8$

* A — amplificarea ; $B = f_i - f_j \simeq f_i$ — banda de frecvenţe amplificate.

Privitor la impedanţa caracteristică a liniei de grilă Z_{og}, trebuie să avem grijă ca aceasta să fie mai mică decît impedanţa de intrare a tubului la frecvenţa maximă, pentru ca Z_{og} să nu fie şuntat de aceasta. În afara considerentelor de mai sus, este bine ca la alegerea impedanţelor Z_{oa} şi Z_{og} să ţinem seamă şi de impedanţa cablurilor coaxiale cu care vom face legăturile la amplificator.

Legarea etajelor în amplificator

Mai multe etaje amplificatoare astfel realizate pot fi conectate în cascadă, ca în orice amplificator clasic. Legarea liniei anodice cu linia de grilă a etajului următor se poate face direct, în care caz apar pierderi datorită neadaptării sau se poate face prin intermediul unui cuadripol rezistiv, în care caz apar pierderi în rezistenţe. Cel mai bine, în asemenea cazuri, este să facem $Z_{og} = Z_{oa}$. În această situaţie etajele se pot cupla direct.

Frecvenţa minimă f_j a amplificatorului depinde numai de valoarea condensatoarelor de cuplaj şi de impedanţa liniei de grilă. Dacă este necesar ca frecvenţa minimă să coboare pînă la zero, etajele pot fi conectate la fel ca etajele unui amplificator de curent continuu.

Determinarea numărului de tuburi necesar

Aşa cum am văzut mai sus, un etaj al unui amplificator distribuit conţine n tuburi. Pentru o amplificare totală A_T putem conecta în cascadă p etaje a n tuburi. În total, deci, amplificatorul va avea $n \times p = N$ tuburi. Problema care se pune este de a alege n şi p astfel încît numărul de tuburi N să fie minim. Dacă notăm : A_1 — amplificarea unui tub ; A_n — amplificarea unui etaj ; A_T — amplificarea totală, atunci :

$$A_1 = \frac{SZ_{oa}}{2} \qquad (9)$$

(se împarte cu 2, pentru că tubul vede cele două sarcini terminale ale liniei anodice, în paralel)

$$A_n = nA_1 = \frac{nSZ_{oa}}{2} \tag{10}$$

şi

$$A_T = A_n^p = \left(\frac{nSZ_{oa}}{2}\right)^p \tag{11}$$

A_T fiind dat în condiţiile iniţiale de proiectare, rezultă din relaţia (11)

$$n = \frac{2}{SZ_{oa}} A_T^{1/p} \tag{12}$$

şi deci,

$$N = n \times p = p\frac{2}{SZ_{oa}} A_T^{1/p} \tag{13}$$

Pentru a găsi numărul minim de tuburi, derivăm relaţia (13) în funcţie de p şi anulăm derivata

$$\frac{dN}{dp} = \frac{2}{SZ_{oa}}\left[A_T^{1/p} - p\frac{1}{p^2}A_T^{1/p} \ln A_T\right] \tag{14}$$

Deoarece

$$\frac{2}{SZ_{oa}} \neq 0 \text{ şi } A_T \neq 0$$

rezultă

$$1 - \frac{1}{p}\ln A_T = 0 \tag{15}$$

sau

$$\ln A_T = p \tag{16}$$

Introducem relaţia (11) în (16)

$$\ln A_T = \ln A_n^p = p \tag{17}$$

$$p \ln A_n = p \tag{18}$$

$$\ln A_n = 1 \tag{19}$$

deci

$$A_n = e = 2{,}73 \tag{20}$$

adică, amplificatorul conţine un număr minim de tuburi, dacă amplificarea pe etaj este 2,73.

Din relaţiile (10) şi (20), se deduce că numărul optim de tuburi pe etaj este

$$n_{opt} = \frac{2}{SZ_{oa}} \times 2{,}73 \tag{21}$$

iar

$$p = A_T^{1/2{,}73} \tag{22}$$

Alte tipuri de linii

Am văzut în cele expuse că liniile anodice şi de grilă se comportă ca nişte filtre „trece jos" de tip K, în care

$$Z_o = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Această impedanţă Z_o este constantă pînă aproape de frecvenţa f_{cr}, însă, aproape de această frecvenţă, Z_o nu mai este constant, condensatorii avînd un efect de scurtcircuitare

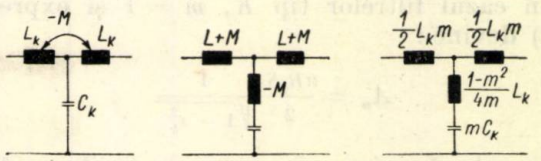


Fig. 2. Celule de tip M.

a liniei. Din această cauză am şi luat $f_{imax} = \frac{1}{2} f_{cr}$. Pentru a putea folosi aproape toată banda de frecvenţă pînă la f_{cr}, se pot utiliza linii echivalente celulelor de filtraj de tip M. În acest caz, o parte din inductanţa braţului serie este introdusă în serie cu capacitatea braţului paralel. Celulele de tip M se realizează prin cuplarea între ele a inductanţelor L, aşa cum se poate vedea în fig. 2. Pentru o caracteristică de frecvenţă optimă, este bine să se lucreze cu $m = 1{,}27$.

Adaptarea sarcinii la capetele liniilor se face prin intermediul unei secţiuni terminale (fig. 3). În cazul filtrelor de tip M, aceste

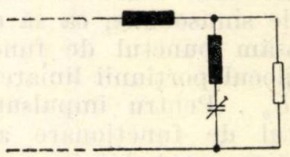


Fig. 3. Adaptarea sarcinii la capetele liniilor.

semicelule vor avea $m = 0{,}6 - 0{,}7$, iar condensatoarele respective, pentru a se putea face corect adaptarea la sarcină, se înlocuiesc cu trimerii corespunzători. Schema etajului unui amplificator distribuit avînd liniile echivalente cu filtre compuse de tip M, se poate vedea în fig. 4. Amplificarea unor astfel de etaje este şi ea funcţie de frecvenţă, numai că abaterile caracteristicii sînt mai mici, datorită coeficientului de cuplaj dintre bobine. Expresia amplificării funcţiei de frecvenţă este :

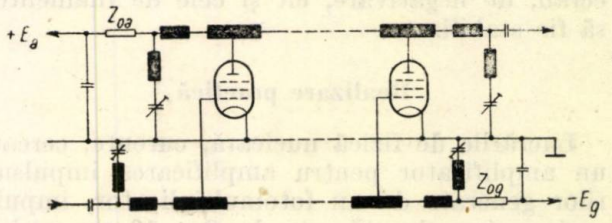


Fig. 4. Schema etajului unui amplificator distribuit cu filtre compuse de tip M.

$$A_n = \frac{nR_0S}{2} \frac{|m^3}{\left[m^2 - (1-m^2)x_k^2\right]\sqrt{m^2 - x_k^2}} \tag{23}$$

unde :

$$x_k = \frac{f}{f_{cr}}$$

În cazul filtrelor tip K, $m = 1$ şi expresia (23) devine :

$$A_n = \frac{nR_0S}{2} \frac{1}{\sqrt{1 - x_k^2}}$$

În cele descrise, am presupus liniile perfect adaptate cu sarcinile terminale. În realitate, adaptările nu sînt perfecte şi aceasta are ca urmare reflexii, care produc nelinearităţi în caracteristica de frecvenţă, în special la frecvenţele înalte. Vom vedea mai jos, cum se pot evita practic aceste nelinearităţi.

Alimentarea amplificatoarelor distribuite

Punctul de funcţionare a tuburilor în amplificatoarele distribuite se alege atît în funcţie de tub, cît şi în funcţie de semnalul care trebuie amplificat. Avînd o sarcină Z_{oa} relativ mică, pentru a obţine o tensiune relativ mare la ieşire, trebuie să lucrăm cu curenţi mari. Acest lucru este cerut şi de panta tubului care, în genere, este mai mare la curenţi mari. Pentru semnale sinusoidale, ca să evităm distorsiunile, plasăm punctul de funcţionare al tubului în mijlocul porţiunii liniare a caracteristicii $I_a - U_g$. Pentru impulsuri pozitive, plasăm punctul de funcţionare aproape de tensiunea de tăiere a tubului, iar pentru impulsuri negative, aproape de $U_g = 0$. O mare atenţie trebuie acordată etajelor montate în cascadă şi care trebuie să amplifice impulsuri decarece etajele succesive, primind impulsuri de polarităţi consecutiv diferite, trebuie polarizate în consecinţă. Dacă amplificatorul trebuie să amplifice impulsuri pozitive, impulsuri negative şi semnale sinusoidale, vom prevedea un comutator care, schimbînd tensiunile de negativare pe etaje, să permită regimurile de lucru corespunzătoare. Pentru stabilitatea amplificării, este bine ca atît tensiunile anodice, de ecran, de negativare, cît şi cele de filamente, să fie stabilizate.

Realizare practică

Lucrările de fizică nucleară, curente, cereau un amplificator pentru amplificarea impulsurilor generate de un fotomultiplicator, impulsuri a căror durată este de $2 \div 10$ mμ s, iar amplitudinea este de ordinul milivolţilor. Impulsul la ieşirea amplificatorului trebuie să fie de 2 V. În aceste condiţii, frecvenţa maximă a amplificatorului va fi de circa 150 MHz, iar amplificarea $A_T = 1\,000$. Pentru a evita oscilaţiile parazite datorită cuplajelor capacitive sau prin rezistenţa internă a sursei de alimentare, pe de o parte, şi pentru a mări posibilităţile de utilizare a amplificatorului, pe de altă parte, acesta a fost realizat în trei unităţi separate, fiecare avînd sursa proprie de alimentare stabilizată. Aceste unităţi pot fi folosite fie separat, fie în cascadă. Impedanţele de ieşire şi de intrare sînt egale între ele şi au valoarea de 150 Ω. Această valoare a fost aleasă pentru a se adopta la cablul coaxial sovietic RK 50.

Fiecare unitate conţine trei etaje echipate cu tuburile 6 Ж 1 П . Schema completă este dată în fig. 5. Impedanţa liniilor anodice şi de grilă este de 300 Ω. Liniile fiind identice, s-a adăugat, în anoda fiecărui tub, un condensator de 2 pF, astfel încît $C_a = C_g$. Liniile anodice şi de grilă sînt terminate pe rezistenţe egale cu impedanţa lor caracteristică şi adaptate prin semicelule. Trebuie să menţionăm că trimerii acestor semicelule au valoarea minimă 0,3 pF şi că au trebuit să fie realizaţi în laborator. Cu ajutorul acestor trimeri, vîrfurile care apar în caracteristica de frecvenţă, la limita superioară, datorită neadaptărilor, pot fi micşorate sau deplasate, astfel ca să nu se adune pe diferite etaje. Mai mult, maximele unui etaj pot fi deplasate ca să compenseze minimele altui etaj. Subliniem că două, trei vîrfuri în amplificare, suprapuse, favorizează autooscilarea amplificatorului. Adaptarea liniei de grilă, la intrare, cu cablul de 150 Ω, se face punînd în paralel cu $Z_{cg} = 300$ Ω o rezistenţă de 300 Ω.

Adaptarea liniei anodice, la ieşire, cu cablul de 150 Ω, se realizează prin intermediul unei „linii strangulate", adică în timp ce primele şapte tuburi din cel de-al treilea etaj au $Z_{oa} = 300$ Ω, tubul 8 are $Z_{oa} = 150$ Ω. Inductanţele sînt realizate din sîrmă de cupru emailată, bobinată pe bare de trolit. Liniile anodice sînt ecrante de liniile de grilă prin intermediul unor ecrane de cupru argintate. Şasiele etajelor sînt şi ele confecţionate din tablă de cupru argintată. Tot cablajul circuitelor de înaltă frecvenţă este argintat şi ecranat de restul circuitelor, iar trecerile prin ecrane sînt făcute cu condensatoare de trecere ceramice. Tot de acest tip sînt şi condensatoarele de decuplare a ecranelor. Aceste condensatoare sînt aşezate la mijlocul etajului respectiv, în aşa fel încît legăturile la tuburi să fie cît mai scurte. Un etaj cu opt tuburi are circa 30 cm lungime. Cum lungimea de undă λ, corespunzătoare frecvenţei de 150 MHz este 2 m, se vede că distanţa tuburilor extreme se apropie de λ/4. În caz că distanţele între două puncte sînt mai mari, alimentarea trebuie făcută prin două sau mai multe condensatoare de trecere, astfel încît conexiunile în circuitele de înaltă frecvenţă să fie scurte în raport cu λ_{min} /4.

Pentru a coborî cît mai mult frecvenţa minimă amplificată f_j, condensatoarele de cuplaj între etaje au 0,1 μF şi sînt de construcţie tropicalizată, neinductivă. Condensatoarele

de valoare mai mare au capacităţi parazite mai mari şi inductanţe parazite, care strică caracteristica de frecvenţă, la frecvenţe înalte. Condensatoarele de decuplare în înaltă frecvenţă au fost dublate cu condensatoare electrolitice, pentru joasă frecvenţă.

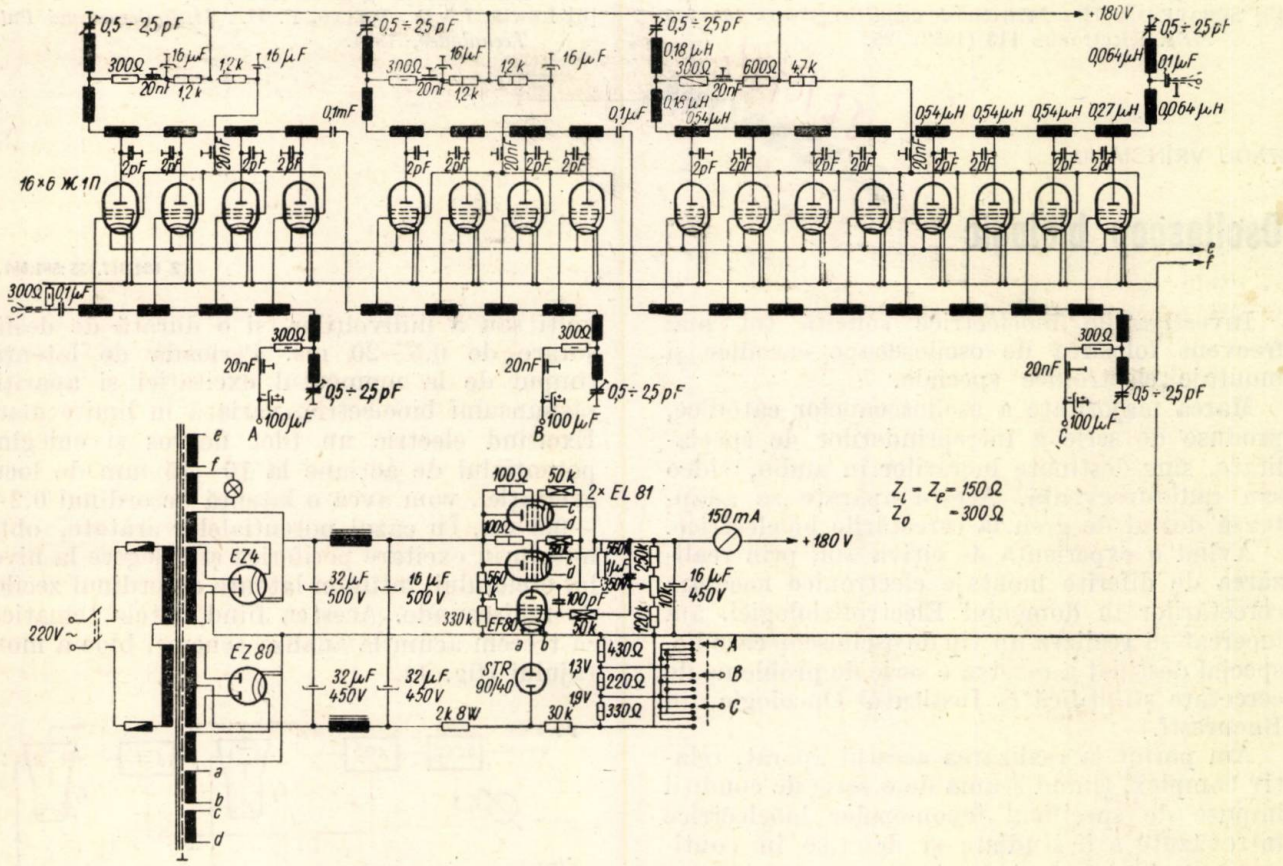


Fig. 5. Schema completă a amplificatorului distribuit realizat.

Punctul de funcţionare a tuburilor din diferite etaje a fost ales, aşa cum am văzut mai sus, astfel încît amplificatorul să poată lucra cu semnale în impulsuri pozitive sau negative, sau cu semnale sinusoidale mai mici de 0,2 V, sau mai mari de 0,2 V. Notînd etajele cu A, B şi C (fig. 5), polarizările tuburilor în cele patru cazuri sînt date în tabela 2. Pentru

Tabela 2

Polarizările tuburilor

Etajul	Impulsuri pozitive	Impulsuri negative	Semnale sinusoidale ~ < 0,2 V	Semnale sinusoidale ~ > 0,2 V
A	−1,9 V	−1,3 V	−1,3 V	−1,9 V
B	−1,3 V	−1,9 V	−1,3 V	−1,9 V
C	−1,9 V	−1,3 V	−1,9 V	−2,9 V

semnale sinusoidale la intrare mai mari de 0,2 V, amplificarea unui amplificator fiind 14, semnalul la ieşire ar fi mai mare de 2,8 V şi ar intra în regiunea neliniară a caracteristicilor tuburilor respective, fiind distorsionat. Acest inconvenient se remediază în oarecare măsură, mărind negativarea tuburilor, deci scăzînd panta, respectiv amplificarea. Alimentarea amplificatorului conţine două redresoare stabilizate. Unul, stabilizat electronic care dă 180 V la 150 mA pentru tensiunea anodică şi altul, stabilizat cu un stabilovolt care dă atît tensiunea de referinţă pentru stabilizatorul electronic, cît şi prin intermediul unui divizor rezistiv, tensiunile de negativare.

Măsurătorile făcute asupra amplificatoarelor realizate au dat următoarele rezultate:

Banda de frecvenţă: 12 kHz — 180 MHz pentru o variaţie a amplificării < ±2 db.
Amplificarea unei unităţi: 14
Amplificarea a trei unităţi „în cascadă": 2 000 (respectiv 14 × 14 × 10).
Zgomot de fond pentru amplificarea maximă pe unitate: 560 μ V.
Variaţia admisibilă a tensiunii de reţea: 190÷240 V.
Dimensiuni: 480 × 260 × 330 mm.

Panoul aparatului cuprinde mufele speciale de conectare, adaptate pentru 150 Ω, întreruptorul şi becul de reţea, comutatorul tensiunilor de polarizare corespunzătoare celor patru regimuri de funcţionare şi un instrument care, prin măsurarea curentului anodic, indică buna funcţionare a aparatului.

BIBLIOGRAFIE

[1] GIUZTON, E. L., HEWLETT, W. R., JASBERG, J. H., NOE, J. D.: *Distributed amplification*, Proc. Inst. radio Engng. **36** (1948), 956.

[2] CORMACK, A.: *Distributed amplification*. Electronic Engineering **24** (1952), 144.

[3] SCHARFMAN, H.: *Distributed amplifier covers 10—360 Mc/s*. Electronics **113** (1952), 25.

[4] ASEEV, B. P.: *Bazele Radiotehnicii*, Editura Energetică de Stat, Bucureşti.

[5] HORTON, W. H., JASBERG, J. H., NOE J. D.: *Distributed amplifiers: practical considerations*, Proc. Inst. radio Engng. **38** (1950) 748.

[6] LEWIS, I.A.D., WELLS, F. H.: *Millimicrosecond Pulse Techniques*, 1954.

Of 1678/63
LEFORDITVA

RADU VRÎNCIANU *

Osciloscop biologic

CZ 621.317.755 :587.087.87

Investigaţiile bioelectrice solicită tot mai frecvent folosirea de osciloscoape catodice şi montaje electronice speciale.

Marea majoritate a osciloscoapelor catodice, produse de serie a întreprinderilor de specialitate, sînt destinate lucrărilor în audio, video sau radio-frecvenţă. Aceste aparate se adaptează destul de greu la cercetările bioelectrice.

Avînd o experienţă de cîţiva ani, prin realizarea de diferite montaje electronice necesare cercetărilor în domeniul Electrofiziologiei, am încercat să realizez un tip de osciloscop catodic, special destinat a rezolva o serie de probleme de cercetare ştiinţifică la Institutul Oncologic din Bucureşti.

Am pornit la realizarea acestui aparat, relativ complex, ţinînd seama de o serie de condiţii impuse de specificul fenomenelor bioelectrice întrevăzute a fi studiate şi descrise în continuare.

1. Studiul fenomenelor bioelectrice cu caracter lent, potenţiale de leziune, potenţiale de membrană, potenţiale redox.

Aceste biopotenţiale reclamă folosirea unor amplificatori de curent continuu, cu stabilitate mare de funcţionare în timp, cu impedanţă mare la intrare, peste 100 MΩ, cu sistem de amplificare diferenţială, pentru eliminarea potenţialelor datorite inducţiei electrostatice a reţelei electrice. Amplitudinea acestor potenţiale este de ordinul zecilor de milivolţi (ajungînd uneori pînă la 200 mV). Variaţiunile în timp, faţă de situaţia cvasistaţionară sînt de ordinul milivolţilor.

Sistemul de observaţie trebuie să determine atît valoarea saltului de tensiune, cît şi să fie capabil să urmărească variaţiile de tensiune la noul nivel, variaţii cu amplitudine redusă.

2. Studiul potenţialelor de acţiune, cu un caracter tranzitoriu rapid, declanşate de excitanţi exteriori, electrici, mecanici, acustici, optici etc.

Aceste biopotenţiale au o amplitudine, la locul de culegere, de ordinul sutelor de microvolţi sau a milivolţilor, şi o durată de desfăşurare de 0,5—20 ms. Perioada de latenţă, timpul de la momentul excitaţiei şi apariţia răspunsului bioelectric, variază în limite mari. Excitînd electric un filet nervos şi culegînd potenţialul de acţiune la 10—15 mm de locul excitaţiei, vom avea o latenţă de ordinul 0,2—0,5 ms. În cazul potenţialelor arătate, obţinute prin excitare periferică şi culegere la nivelul creierului, întîlnim latenţe de ordinul zecilor de milisecunde. Acestea fiind datele tematice, să trecem acum la analiza schemei bloc a montajului (fig. 1).

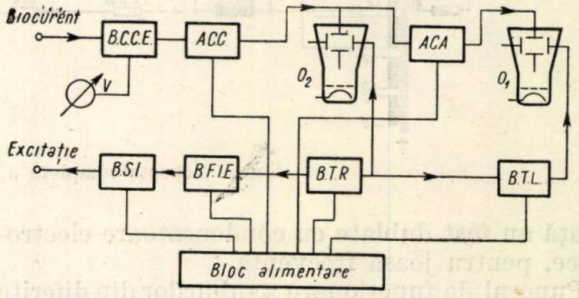


Fig. 1. Schema bloc a osciloscopului biologic:
BCCE — bloc comutare, compensare şi etalonare; *ACC* — amplificator de c.c.; *ACA* — amplificator de c.a.; *BTL* — bază de timp lentă; *BTR* — bază de timp rapidă; *BFIE* — bloc de formare impulsuri de excitaţie; *BSI* — bloc de simetrizare impulsuri; O_1, O_2 — tuburi catodice; *V* — voltmetru.

Blocul de comutare, compensare şi etalonare (fig. 2) îndeplineşte următoarele funcţiuni:

a) blocarea intrării amplificatorului în perioadele de pregătire a experienţei;

b) blocarea intrării amplificatorului pentru verificarea stabilităţii punctului de zero al amplificatorului de curent continuu;

c) inserierea tensiunii de compensare;

d) etalonarea canalului de amplificare cu ajutorul tensiunilor din sistemul de compensare.

Blocul se compune din comutatorul K_1 (în lucru-blocat), tasta cu revenire K_3 (blocaj pentru reglaj 0 la osciloscopul O_2), comutatorul K_2 (inversor al tensiunii de compensare),

*) Ing. R. VRÎNCIANU este şef de sector la Institutul de fiziologie al Academiei R.P.R.

comutatorul K_4 (reglajul brut al tensiunii de compensare), potenţiometrul P_1 (reglaj fin al tensiunii de compensare).

Prin intermediul acestui bloc se realizează cuplarea intrării amplificatorului de curent continuu cu ţesutul de studiat.

intrarea blocată a amplificatorului, fie permanent prin comutatorul K_1 fie temporar, în timpul lucrului, apăsînd pe tasta K_3.

Reglajele semifixe executate cu potenţiometrii P_4 şi P_5, permit alegerea regimului optim de lucru al etajelor de amplificare.

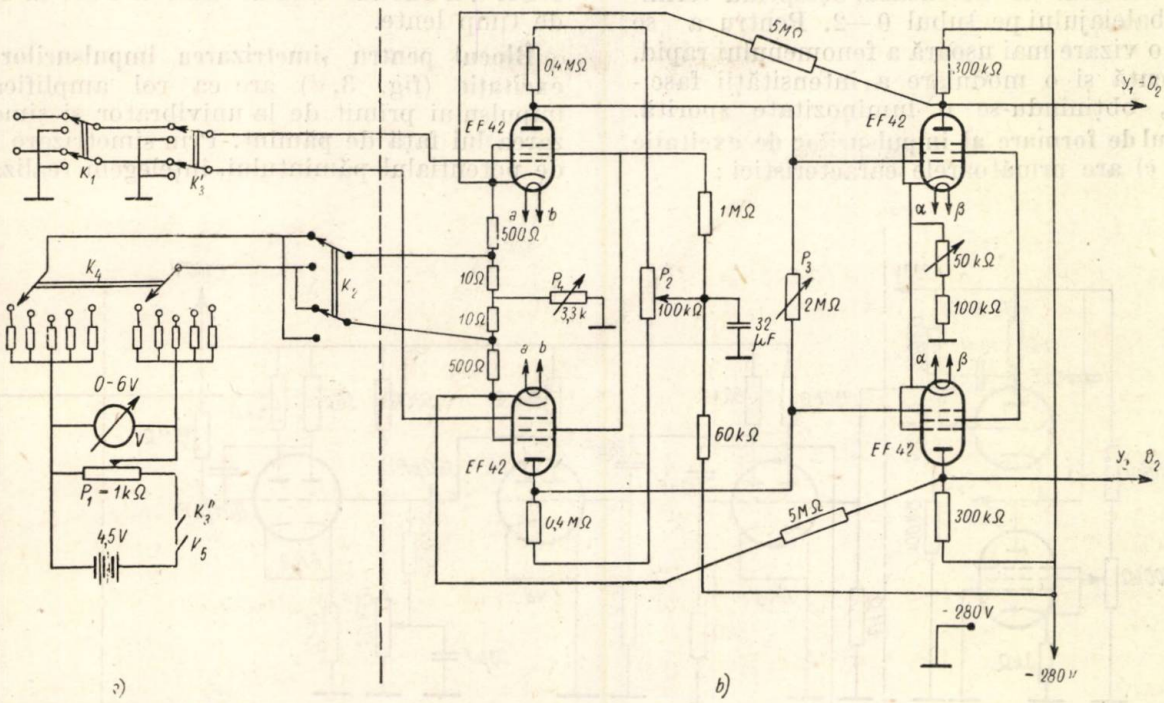


Fig. 2. Blocul de comutare, compensare şi etalonare şi amplificatorul de curent continuu.

Amplificatorul de curent continuu se compune din două etaje de amplificare, cuplate direct, în montaj diferenţial, folosind tuburi EF 42 selecţionate.

Pentru asigurarea stabilităţii s-a folosit o reacţie negativă puternică (de la placa ultimului etaj la catodul primului etaj) asigurîndu-se astfel şi ridicarea impedanţei de intrare. Tot în circuitul de catod al primului etaj s-au introdus şi tensiunile de compensare, realizîndu-se astfel o separaţie galvanică faţă de ţesut.

Pentru asigurarea stabilităţii şi micşorarea tensiunilor perturbatoare de 50 Hz, filamentele celor două tuburi din primul etaj s-au alimentat în curent continuu, prin intermediul unei punţi de redresare cu seleniu şi a unui transformator stabilizator prin ferorezonanţă.

Reglajul amplificării sistemului s-a realizat prin montarea unui sistem reostatic compus din potenţiometrul P_3, între grilele de comandă ale etajului final. În acest mod s-a reuşit să se realizeze o variaţie a coeficientului de amplificare, fără să se modifice celelalte reglaje, fără să se deplaseze punctul de zero şi fără să se acţioneze asupra circuitului de intrare, în amplificator.

Cu ajutorul potenţiometrului P_2 se realizează reglajul punctului zero, simetrizarea primului etaj de amplificare. Acest reglaj se execută cu

Folosind tubul catodic LO 247 alimentat cu o tensiune de circa 900 V, se obţine o sensibilitate a deflecţiei verticale de circa 5 mm/mV.

Stabilitatea punctului de zero, după o încălzire prealabilă de circa 20 minute, este de 0,5 mV pe oră, folosindu-se o reţea de alimentare electrică cu fluctuaţii de maximum 5%.

Amplificatorul de curent alternativ se compune dintr-un etaj diferenţial cu tubul 6N8, cuplat RC cu ieşirea amplificatorului de curent continuu şi acţionînd asupra plăcilor de deflexie verticale ale unui tub catodic de tipul 5LO 37. În felul acesta se obţine o amplificare suplimentară pentru un spectru de frecvenţe cuprinse între 10—5 000 Hz putîndu-se pune în evidenţă potenţiale de acţiune declanşate de o excitaţie electrică.

Baza de timp lentă (fig. 3, *a*) permite deplasarea orizontală a spotului tubului catodic LO 247. Montajul este clasic, un tub tiratron şi un tub pentodă pentru asigurarea încărcării lineare a condensatorului. Variaţia vitezei de deplasare a spotului se execută prin manevrarea butonului de pe panoul frontal; viteza baleiaj O_2.

Baza de timp rapidă (fig. 3, *b*) acţionează asupra tubului catodic 0—1. Montajul este similar cu precedentul, cu deosebirea că tiratronul se menţine blocat cu o tensiune negativă pe

tot timpul cursei baleiajului lent și este declanșat de cursa inversă a acestuia. În acest mod se menține aceeași frecvență cu B.T.L., același moment de pornire. Viteza de deplasare a spotului este însă rapidă, 1—10 mm pe milisecundă. După executarea unei curse pe ecranul 0—1, sistemul se blochează, așteptînd terminarea baleiajului pe tubul 0—2. Pentru a se obține o vizare mai ușoară a fenomenului rapid, se execută și o modulare a intensității fasciculului, obținîndu-se o luminozitate sporită.

Blocul de formare al impulsurilor de excitație (fig. 3, *c*) are următoarele caracteristici :

a) generează impulsuri dreptunghiulare cu durata variabilă ;

b) impulsurile sînt sincronizate cu baza de timp lentă și au frecvența acesteia ;

c) impulsul este întîrziat cu circa 0,2 ms față de momentul declanșării bazei de timp rapide ;

d) pe durata baleiajului rapid se execută o intensificare a luminozității spotului la osciloscopul 0—1.

Blocul se compune dintr-un montaj univibrator cu tubul 6N9, care permite generarea de impulsuri dreptunghiulare cu o durată variabilă între 0,2 și 5 ms, fiind declanșat de către un impuls pozitiv, provenit din diferențierea impulsului de curent născut în rezistența de 1 kΩ din anodul tubului tiratron TG-1 al bazei de timp lente.

Blocul pentru simetrizarea impulsurilor de excitație (fig. 3, *d*) are ca rol amplificarea impulsului primit de la univibrator și simetrizarea lui față de pămînt. Prin simetrizare față de potențialul pămîntului, înțelegem realizarea unui impuls din sumarea a două impulsuri cu amplitudini egale, dar opuse ca polaritate față de potențialul pămîntului.

Folosind asemenea impulsuri pentru excitarea țesuturilor, putem culege în imediata vecinătate a electrozilor de excitație biopotențiale neperturbate de excitația electrică.

Montajele utilizate în acest scop, foloseau transformatori de separație, cu ecranare

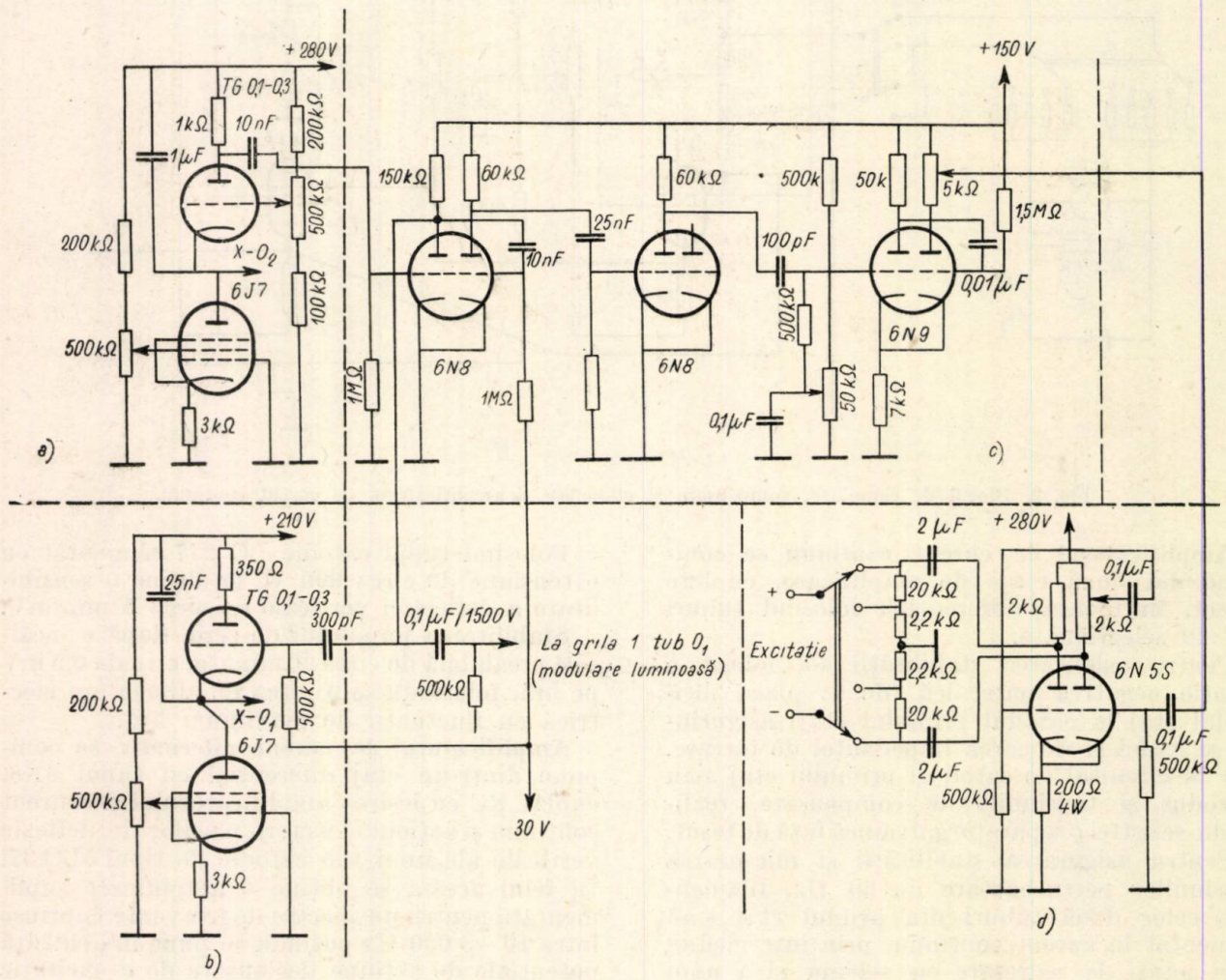


Fig. 3. Baza de timp lentă (*a*), baza de timp rapidă (*b*), blocul de formare a impulsurilor de excitație (*c*) și blocul pentru simetrizarea impulsurilor de excitație (*d*).

electrostatică între înfăşurări. Dezavantajul transformatorului consta în faptul că altera forma impulsului, iar impulsurile mai lungi le diferenția.

Schema folosită în acest scop se compune din tubul de putere 6N5, avînd ca sarcini anodice rezistențe bobinate de 2 000 ohmi. Cu această dublă triodă se obține o amplificare în tensiune și

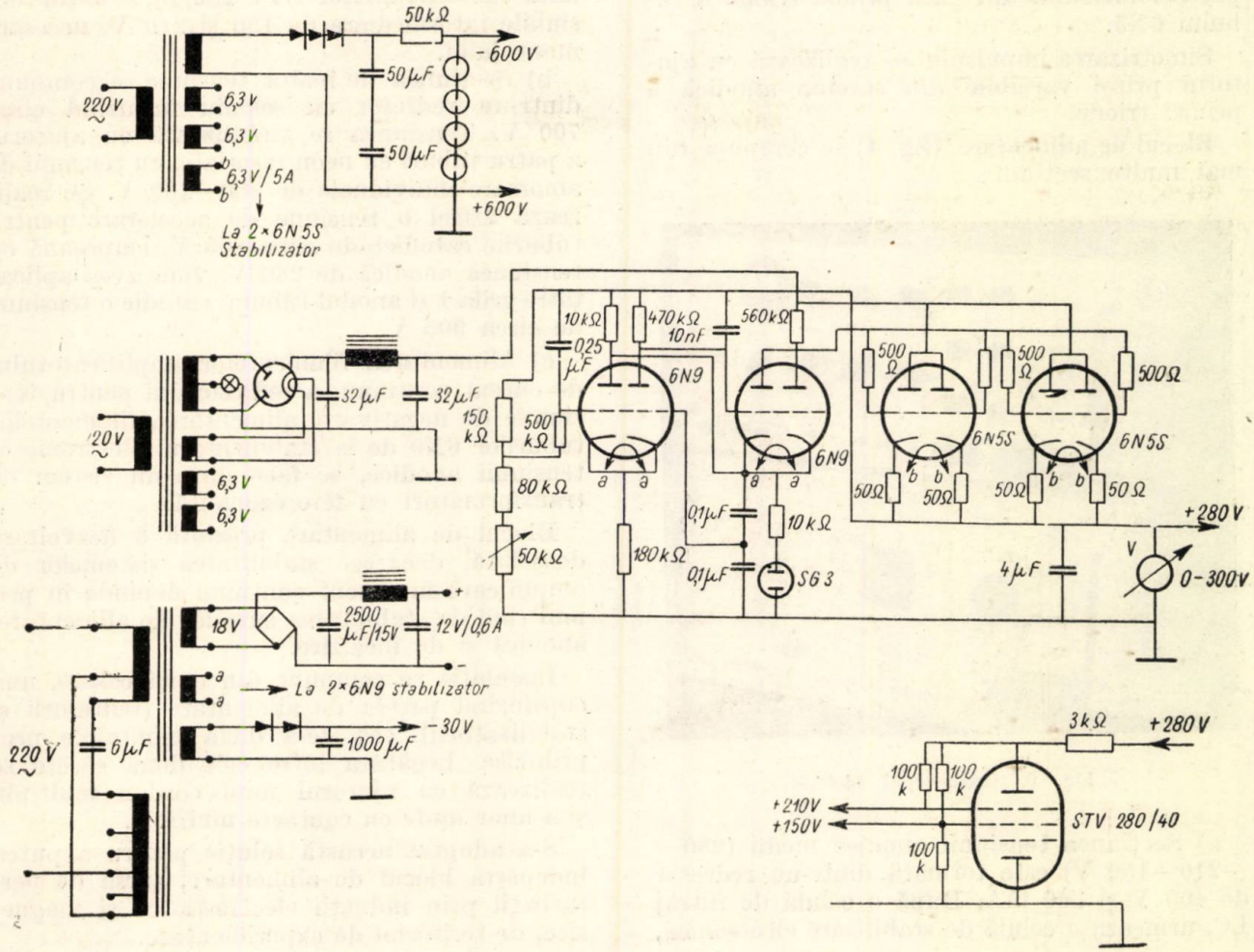


Fig. 4. Blocul de alimentare.

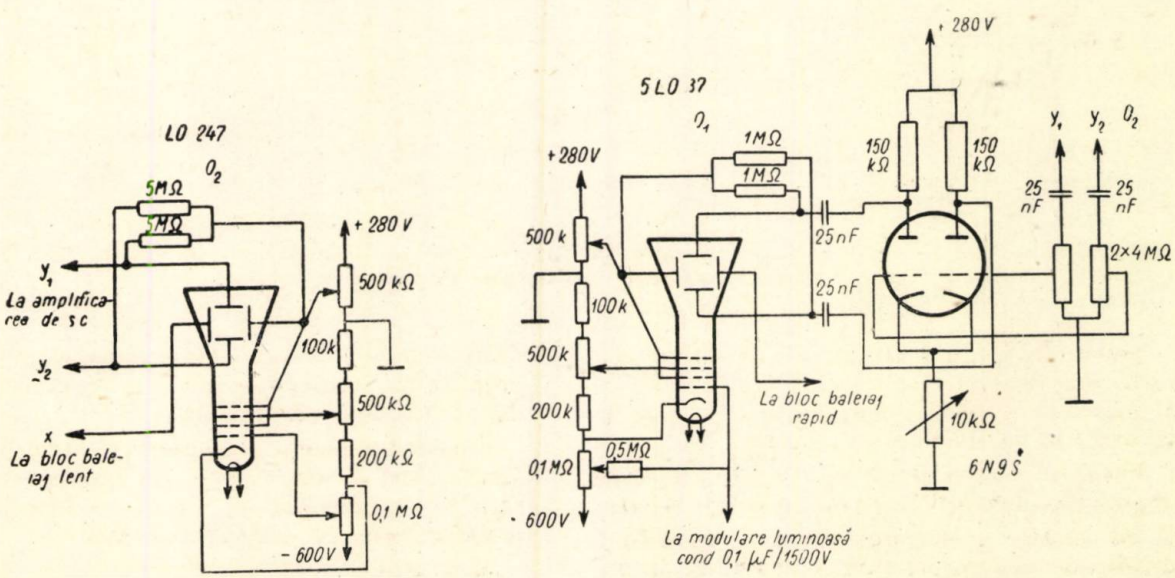


Fig. 5. Schema de alimentare a tuburilor catodice și etajul de amplificare de curent alternativ.

în putere a impulsului. În circuitul de ieşire se prevede un divizor de tensiune 1 :10 pentru a putea doza uşor excitaţia în plaja 1—10 V.

Reglajul amplitudinii se execută cu ajutorul potenţiometrului din grila primei triode a tubului 6N5.

Simetrizarea impulsului se realizează cu ajutorul prizei variabile din sarcina anodică a primei triode.

Blocul de alimentare (fig. 4) se compune din mai multe secţiuni :

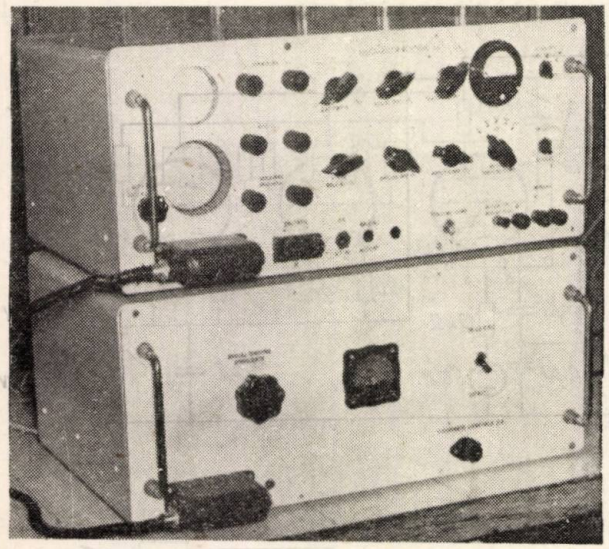


Fig. 6. Osciloscopul biologic.

a) Secţiunea tensiunii anodice medii (280—210—150 V) este formată dintr-un redresor de 400 V şi 300 mA. După o celulă de filtraj LC, urmează o celulă de stabilizare electronică, folosind tuburile 2 × 6N5, 2 × 6N9 şi 1 × SG2. Acest stabilizator asigură o tensiune de 280 V la un curent maxim de 300 mA, prezentînd o rezistenţă internă mai mică de 1 Ω. Cu ajutorul unui tub stabilizator STV 280/40, se obţin tensiunile intermediare de 150 şi 210 V, necesare montajului.

b) Secţiunea de înaltă tensiune se compune dintr-un redresor cu seleniu furnizînd circa 700 V. Tensiunea se stabilizează cu ajutorul a patru tuburi cu neon înseriate, cu tensiuni de amorsare individuale de 150—160 V. Se realizează astfel o tensiune de accelerare pentru tuburile catodice de circa 600 V. Împreună cu tensiunea anodică de 280 V, vom avea aplicat între grila 1 şi anodul tubului catodic o tensiune de circa 900 V.

c) Alimentarea filamentelor amplificatorului de curent continuu, a redresorului pentru tensiunile de negativare, alimentarea filamentelor tuburilor 6N9 de la stabilizatorul electronic al tensiunii anodice, se face dintr-un sistem de transformatori cu ferorezonanţă.

Blocul de alimentare prezintă o dezvoltare deosebită, deoarece stabilitatea sistemelor de amplificare în curent continuu depinde în primul rînd de stabilitatea surselor de alimentare, anodică şi de încălzire.

Instalaţia se compune din două casete, una cuprinzînd partea de alimentare (redresorii şi stabilizatorii), cea de-a doua montajele propriu-zise. Legătura între cele două casete se realizează cu ajutorul unui cordon multiplu şi a unor mufe cu contacte multiple.

S-a adoptat această soluţie pentru a putea îndepărta blocul de alimentare, sursa de perturbaţii prin inducţii electrostatice şi magnetice, de teritoriul de experimentare.

NOTE DE LABORATOR

Formator de impulsuri cu durata sub 10^{-7} s

CZ 621.374 :621.387.426

În tehnica impulsurilor este necesar adesea să formăm, dintr-o tensiune sinusoidală, impulsuri cu durata diferită de semiperioada sinusoidei şi cu frecvenţa de repetiţie egală cu frecvenţa tensiunii sinusoidale. Aproape toţi formatorii cunoscuţi se bazează pe : limitarea tensiunii sinusoidale, sus şi jos, diferenţierea impulsurilor obţinute şi limitarea polarităţii impulsurilor care nu ne interesează.

În lucrarea noastră legată de spectrometria neutronilor rapizi ne-am propus să analizăm unele tipuri de limitatori

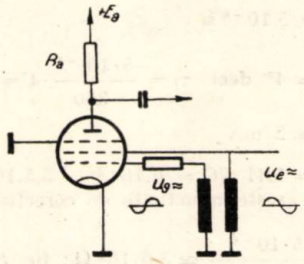


Fig. 1. Schema de principiu a formatorului.

cunoscuţi şi să alegem pe cel potrivit pentru a forma impulsuri cu durata sub 0,1 μs şi frecvenţa de repetiţie de 0,300 ÷ 2 MHz. Deoarece cu limitatorii cunoscuţi nu am obţinut rezultatele dorite, am realizat o variantă originală a formatorului de impulsuri, cu un tub pentodă.

între ecran şi catod se aplică o tensiune sinusoidală de 300—500 V la 170°—174° faţă de tensiunea dintre grila de comandă şi catod (fig. 1) ; rezultă că vom avea curent anodic numai de la $U_{g1} \approx 0$ pînă la $U_{g1} = E_t$ deoarece pentru $U_{g1} \approx 0$ avem $U_e \approx 0$. Am notat aici prin U_{g1} tensiunea pe grila de comandă, prin U_e tensiunea pe ecran iar prin E_t tensiunea de tăiere a curentului anodic, pe prima grilă.

Defazarea de 170°—174° este necesară pentru a mări valoarea maximă a curentului în intervalul dintre $U_g = 0$ şi $U_g = E_t$ şi din cauză că E_t depinde de U_e.

În cele ce urmează vom da schiţa calculului formatorului construit şi folosit de noi.

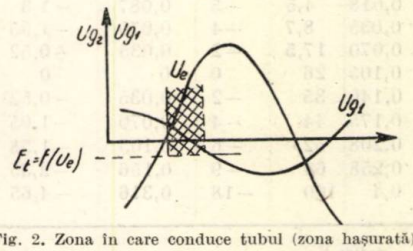


Fig. 2. Zona în care conduce tubul (zona haşurată).

Se alege un tub, pentodă, cu panta mare atît pe grilă cît şi pe ecran, cu curent mare şi capacitate de ieşire minimă. Noi am folosit în acest scop tuburile 6 Ж 4 şi 6 П 9.

Se ridică familia de curbe $I_a = f(U_{g1})$ pentru tensiuni la ecran între 1 V şi 100 V, luînd cît mai multe valori între 1 şi 25 V. Pentru tubul 6 Ж 4 am obţinut curbele din fig. 3.

Se face tabelul valorilor tensiunilor la ecran pentru θ_e între 0° şi 20° ÷ 30° şi $U_{emax} = 300 \div 400$ V.

Se alege unghiul de defazare între 170°—174° şi durata impulsului, ψ, în grade, faţă de perioada tensiunii sinusoidale

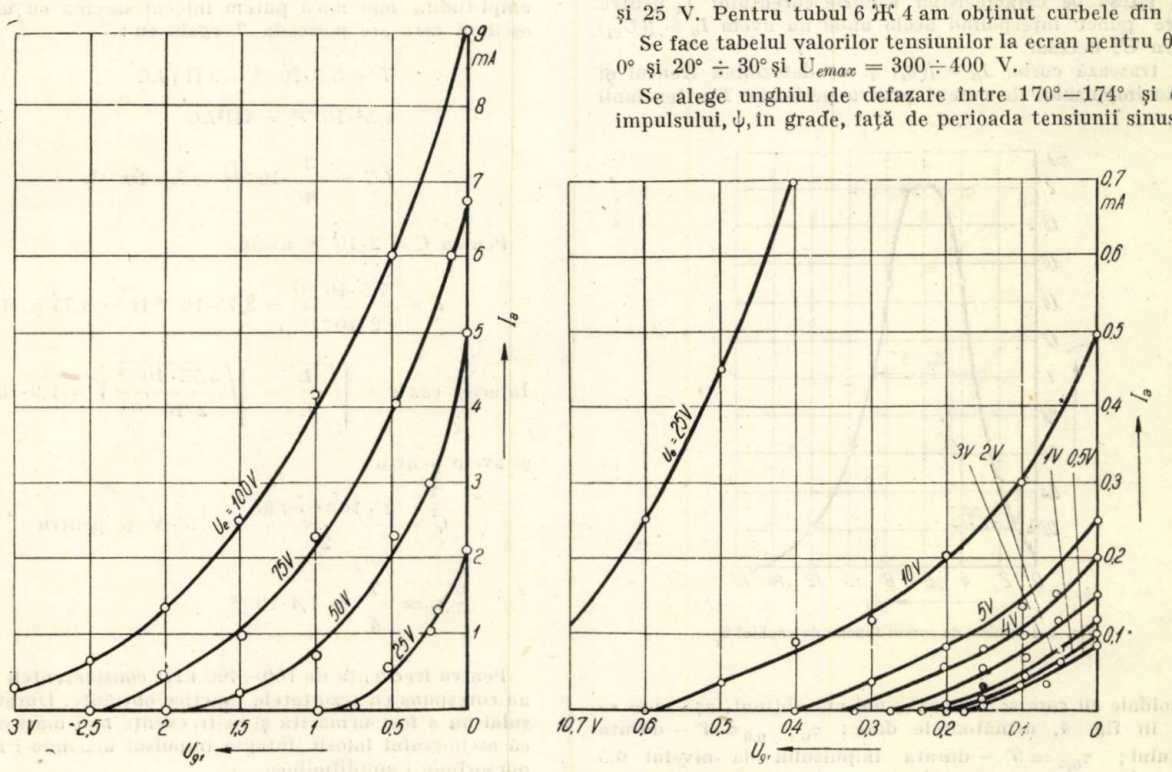


Fig. 3. Caracteristicile $I_a = f(U_{g1}, U_{g2})$ ale tubului 6 Ж 4 pentru U_a = const = 200 V.

Formatorul realizat de noi lucrează în următoarele condiţii :

negativarea grilei este zero ;

între grilă şi catod se aplică o tensiune sinusoidală de cîţiva zeci de volţi ;

punînd condiţia ca pentru $\left(-\frac{\varphi}{2}\right)$ tensiunea la grila de comandă să aibă valoarea tensiunii de tăiere E_t, pentru valoarea corespunzătoare a tensiunii la ecran. Deci $U_{g1\,max}$ sin

$\left(-\frac{\varphi}{2}\right) = E_t$, unde E_t este determinat de valoarea tensiunii pe ecran, de $U_e = U_{e\,max} \sin \psi$.

Se determină atunci valoarea lui U_{g1} (ψ) şi E_t corespunzător. Atunci $U_{g1\,max} = \frac{E_t}{\sin \frac{\psi}{2}}$.

Se întocmeşte tabela 1 pentru următoarele mărimi:

θ_e între 1°—24° θ_{g1}

$\sin \theta_e$ $\sin \theta_{g1}$

U_e U_{g1}

Tabela 1

θ_e	$\sin \theta_e$	U_e V	θ_{g1}	$\sin \theta_{g1}$	U_{g1} V	I_a mA
1	0,018	4,5	+5	0,087	+1,3	0,22
2	0,035	8,7	+4	0,070	+1,05	0,45
4	0,070	17,5	+2	0,035	+0,52	1,5
6	0,105	26	0	0	0	2,1
8	0,140	35	−2	0,035	−0,52	1,5
10	0,175	44	−4	0,070	−1,05	0,6
12	0,208	52	−6	0,105	−1,58	0,2
15	0,258	64	−9	0,156	−2,35	0
24	0,4	100	−18	0,316	−4,65	0

$U_{g2\,max} = 400$ V

$U_{g1\,max} = \frac{E_t}{\sin \frac{\psi}{2}} \cong \frac{1,58}{0,105} \approx 15$ V

şi se citesc pe caracteristici valorile curentului I_a pentru fiecare punct interpolînd acolo unde nu avem $I_a = f(U_{g1})$ pentru U_e necesar.

Se trasează curba $I_a = f(\theta_e)$ şi se determină frontul şi durata impulsului de curent pentru perioada T a tensiunii

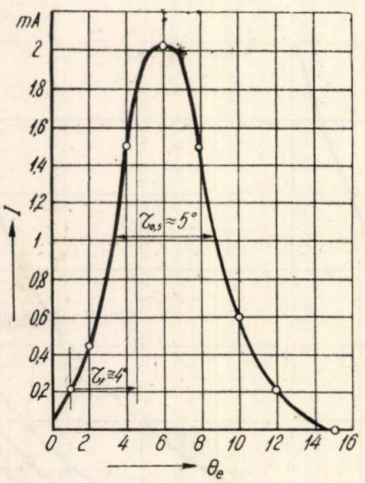


Fig. 4. Impulsul de curent funcţie de unghiul θ_e

sinusoidale cu care se lucrează; noi am obţinut, aşa cum se vede în fig. 4, următoarele date: $\tau_{0,1 \div 0,9} \cong 4°$ — durata frontului; $\tau_{0,5} \cong 5°$ — durata impulsului la nivelul 0,5 din amplitudinea maximă. Impulsul este nesimetric din cauza curburii pronunţate a caracteristicii $I_a = f(U_{g1})$ aproape de tensiunea de tăiere a tubului. Valoarea sarcinii anodice se alege în aşa fel ca frontul impulsului de curent să fie mai mare sau cel mult egal cu constanta de timp a circuitului din anod.

Dacă valoarea R_a obţinută este prea mică se poate înlocui sarcina anodică cu un circuit oscilant amortizat astfel ca $T \simeq \tau_\rho$ unde τ_ρ este frontul impulsului de curent. În acest caz:

$U_1 = \frac{1}{2} \Delta I \cdot \rho$ unde ΔI este variaţia curentului, adică amplitudinea maximă a impulsului de curent, iar $\rho = \sqrt{\frac{L}{C}}$.

Parametrii circuitului oscilant îi notăm prin L şi C.

Pentru a amortiza oscilaţiile se pune în paralel cu circuitul oscilant o diodă cu cristal de înaltă frecvenţă de tipul ΔI Ц — 8 sau Δ2B care conduce, deci amortizează circuitul după semiperioada pozitivă.

În acest fel se reduce şi durata impulsului de două ori devenind $\tau_{0,5} = 3°$

Astfel pentru

$f = 2000$ kHz

$T = 5.10^{-6}$ s

$\tau_f \simeq 4°$ deci $\tau_f = \frac{5 \cdot 10^{-6}}{360} \cdot 4 = 5,5 \cdot 10^{-8}$

$\Delta I \simeq 2$ mA

$\tau_a = 1,41\ RC = R.10^{-11} = 5,5.10^{-8}$ dacă se foloseşte inductanţa de corecţie.

$$R = \frac{5,5 \cdot 10^{-8}}{1,41 \cdot 10^{-11}} \simeq 3,6 \cdot 10^3\ \Omega;\ \text{fie}\ R_a \simeq 3,5\ \text{k}\Omega$$

cu inductanţă de corecţie se obţine:

$U_a = 2.10^{-3} \cdot 3,5 \cdot 10^3 \simeq 7$ V.

În acest caz rezistenţa de sarcină este suficient de mare şi numai dacă avem nevoie de impulsuri mai înguste şi de amplitudine mai mică putem înlocui sarcina cu un circuit oscilant care are perioada T egală cu:

$T = 5,5 \cdot 10^{-8} = 2\,\Pi \sqrt{LC}$

$5,5^2 \cdot 10^{-16} = 4\Pi^2 LC$

$LC = \frac{3}{4} \cdot 10^{-16} \approx 7,5 \cdot 10^{-17}$.

Pentru $C = 2 \cdot 10^{-11}$ avem

$$L = \frac{7,5 \cdot 10^{-17}}{2 \cdot 10^{-11}} = 3,75 \cdot 10^{-6}\ \text{H} = 3,75\ \mu\text{H}$$

În acest caz $\rho = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{3,75 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 10^{-11}}} \sqrt{} = 1,9 \cdot 10^5 \simeq 430$

şi avem pentru

$U = \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 430}{2} \simeq 0,43$ V şi pentru

$\tau_f \simeq \frac{T}{4} \simeq 1,4 \cdot 10^{-8}$

Pentru frecvenţa de 100—400 kHz considerentele teoretice au corespuns cu rezultatele practice obţinute. Durata impulsului nu a fost urmărită şi la frecvenţe mai mari din cauză că oscilografuI folosit integra impulsul mărindu-i frontul şi micşorîndu-i amplitudinea.

Concluzii. Formatorul realizat de noi a lucrat suficient de stabil, variaţia defazajului fiind destul de mică pentru a nu afecta în mod practic faza impulsului faţă de faza tensiunii sinusoidale şi forma lui.

Conf. N. MARTALOGU, ing. M. MOLEA, ing. N. SCÎNTEIE

PENTRU TÎNĂRUL INGINER

AUREL PÎRVU

Privire generală asupra teoriei informației

Încă de cînd s-au pus în exploatare primele sisteme de transmisie telefonice, s-a observat că între calitatea unei transmisii telefonice și lățimea benzei de frecvență utilizată, există o relație bine definită. S-a experimentat transmisia unui aceluiași mesaj cu ajutorul a două circuite care foloseau benzi de frecvențe de lățime diferite, și s-a observat că mesajul transmis prin circuitul, care dispunea de o bandă de frecvență mai îngustă, era la recepție mai puțin inteligibil decît cel transmis prin celălalt circuit. Tot experiența a arătat că o îmbunătățire sensibilă a transmisiei mesajului, prin circuitul folosind o bandă de frecvență mai îngustă se putea obține micșorînd viteza de transmisie a mesajului. Astfel se explică că la o transmisie telegrafică deși se folosește un circuit dispunînd de o bandă de frecvență sensibil mai îngustă decît la un circuit telefonic, se obține aceeași calitate de recepție datorită ritmului mult mai lent de transmisie.

R. V. HARTLEY, plecînd de la aceste constatări experimentale, a elaborat, în 1928, primul studiu consacrat transmisiei de informații. Cam tot pe acea vreme, a fost pus în evidență experimental faptul că, chiar fără să transmitem semnale la intrarea unui amplificator, se obține la bornele de ieșire o tensiune de natură fluctuantă, care produce — ceea ce în limbajul obișnuit — se numește zgomotul de fond al unui amplificator. Existența acestui zgomot de fond determină o limită inferioară a puterii folosite în transmiterea de semnale. Numind Z puterea medie a fluctuației parazite (care dă naștere zgomotului de fond) și S puterea folosită la transmiterea semnalelor dorite, se constată că, cu cît raportul Z/S este mai mare, cu atît transmisia este mai perturbată. De exemplu, în cazul unui circuit telefonic, inteligibilitatea mesajului transmis scade cînd zgomotul de fond se mărește și crește cînd se micșorează viteza de transmisie.

Studii ulterioare, efectuate pînă în 1936, au arătat clar că factorii care determină calitatea unei transmisii sînt lățimea benzei de frecvență F a sistemului de transmisie și raportul semnal-zgomot S/Z la recepție. Punerea la punct, după 1936, a primelor sisteme de transmisie prin modulație de frecvență au pus în evidență un nou fapt experimental, și anume că o aceeași calitate a transmisiei poate fi obținută fie utilizînd un sistem de transmisie cu o bandă largă de frecvență, fie folosind un raport semnal/zgomot ridicat.

Cele cîteva observații de mai sus nu ajungeau însă ca să pună bazele unei teorii științifice. Pînă în 1940, indicațiile privind proprietățile comune ale diverselor sisteme de transmisie erau exprimate succint prin măsurarea gradului de fidelitate a transmisiei, noțiune ce conducea la încercarea de a obține la recepție curbe de forme analoage celor de la stația de emisie. Cercetările ulterioare, efectuate după 1940, au schimbat accentul de pe transmisia perfectă a unei forme de curbă, pe aceea de transmitere a unor date cu o posibilitate de eroare de transmisie cît mai mică. Un mesaj nu mai este caracterizat printr-o funcțiune continuă de timp, ci printr-un ansamblu de date necesare pentru a-l defini.

Să considerăm, de exemplu, un semnal de durată T, transmis printr-un sistem folosind o bandă de frecvență de lățimea F. Să împărțim intervalul de timp T în intervale de timp $t_0 = \frac{1}{2F}$ și să căutăm un mijloc de a aprecia variațiile semnalului în fiecare interval de timp t_0. Putem efectua o analiză Fourier a curbei semnal în intervalul t_0 și vom constata că putem descompune curba într-una fundamentală și o serie de armonice. Dar frecvența fundamentală, în această descompunere, este egală cu F, deoarece t_0 este semiperioada și, în consecință, armonicile acestei descompuneri au frecvențe superioare lui F și deci un sistem de transmisie, utilizînd o lățime de bandă de frecvență F, nu le poate transmite. Rezultă că un astfel de sistem nu poate transmite decît o singură dată în intervalul de timp t_0. Cum durata unui semnal este T, sînt suficiente deci $2TF$ date pentru a preciza complet un semnal de durată T cu ajutorul unui sistem de

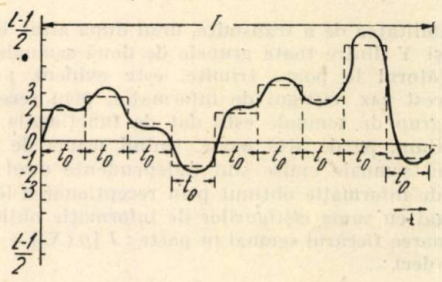


Fig. 1

transmisie, care folosește o bandă de frecvență de lățime F, și deci urmărirea cunoașterii exacte a formei curbei este lipsită de sens. În fig. 1, se arată cum studiul curbei reale continue poate fi înlocuit prin graficul indicat în figură cu linii întrerupte.

Dar fluctuațiile parazite continuă să se suprapună semnalelor utile într-o cale de transmisie. Să considerăm din nou intervalul de timp t_0 și să notăm cu Z amplitudinea maximă a fluctuației parazite în acest interval și cu S amplitudinea maximă a semnalului util. Este evident că două date utile nu pot fi distinse decît dacă diferă între ele cu o amplitudine cel puțin egală cu Z. Pentru ca recepția datelor utile să fie univocă în prezența fluctuațiilor parazite, trebuie limitat numărul de amplitudini diferite într-un interval t_0 la $\sqrt{\frac{S}{Z}} + 1$ valori.

Un semnal oarecare ne apare deci ca un șir de date, fiecare dată fiind aleasă dintr-o mulțime finită de valori posibile. Începe astfel să se degaje ideea că problemele de transmisie sînt, în fond, probleme de natură statistică : un semnal este caracterizat nu prin forma sa, ci prin faptul că este ales dintr-o mulțime de semnale posibile.

Toate cele de mai sus au dat posibilitatea lui SHANNON să elaboreze o teorie a comunicațiilor, teorie care constituie baza studiului cantitativ al proprietăților sistemelor de transmisie. Pentru elaborarea acestei teorii, a fost nevoie să se definească mai bine noțiunea de informație, și să se introducă noțiunea de măsură a unei cantități de informație.

Informația căpătată la recepționarea unui semnal poate fi definită intuitiv în modul următor : din mulțimea de semnale, pe care un emițător o poate transmite, a fost transmis cutare semnal particular. Noțiunea de informație este deci legată de alegerea unui semnal dintr-o mulțime de semnale posibile, independent de orice altă semnificație atașată semnalului primit.

O sursă de informație este deci definită printr-o mulțime de semnale.

$$X_1, X_2, \ldots, X_n$$

* Ing. A. PÎRVU este profesor la Institutul de Construcții din București și directorul Cursurilor de perfecționare a inginerilor de pe lîngă Consiliul Central ASIT.

care pot fi transmise, şi printr-o distribuţie de probabilitate relativă la această mulţime.

$$p(X_1),\ p(X_2),\ \ldots,\ p(X_n),$$

unde $p(X_i)$ este probabilitatea ca la o transmisie semnalul X_i să fie ales de sursa de informaţii dintre toate semnalele pe care le poate transmite. Deci, înainte de recepţia unui semnal, starea noastră de cunoştinţe despre sursa de informaţii este dată de distribuţia de posibilitate $p(X_i)$. După recepţie, starea noastră de cunoştinţe despre sursa de informaţii este exprimată de distribuţia de probabilitate relativă la transmisia semnalului X_j care a fost efectuată :

$$p(X_j) = 1,\ p(X_i) = 0 \text{ pentru } i \neq j.$$

Cîştigul de informaţie J obţinut prin recepţionarea semnalului X_j, este legat de creşterea probabilităţii de la valoarea $p(X_j)$ la valoarea 1 şi poate fi definit ca o funcţională de probabilitatea $p(X_j)$ relativă la acest semnal :

$$J = J\,[p(X_j)]$$

Probabilitatea de a transmite, unul după altul, două semnale X şi Y dintre toate grupele de două semnale, pe care transmiţătorul le poate trimite, este evident $p(X)\,p(Y)$ şi, în acest caz, cîştigul de informaţie, prin recepţionarea acestui grup de semnale este dat de funcţionala $J\,[p(X)\,p(Y)]$. Cum, pe de altă parte, ţinînd seama de faptul că cele două semnale emise sînt independente unul de altul, cîştigul de informaţie obţinut prin recepţionarea lor trebuie să fie egal cu suma cîştigurilor de informaţie obţinute prin recepţionarea fiecărui semnal în parte : $J\,[p(X)] + J\,[p(Y)]$. Rezultă deci :

$$J\,[p(X)\,p(Y)] = J\,[p(X)] + J\,[p(Y)]$$

Singura funcţiune, care satisface această relaţie funcţională, este funcţia logaritmică şi deci putem lua :

$$J\,[p(X)] = -K \log p(X)$$

(s-a luat semnul minus pentru ca J să fie pozitiv).

Dacă alegem pentru K valoarea 1, şi vom presupune logaritmii în baza 2, va însemna că alegem o unitate de măsură a informaţiei cîpătate, informaţia obţinută prin recepţionarea unui semnal între două semnale, a căror transmitere este egal de posibilă. Cu ajutorul acestei unităţi de măsură, se poate măsura conţinutul informaţiei date de un semnal prin cel mai mic număr de trageri la sorţi necesare pentru a-l obţine dintr-un număr N de semnale egal de posibile a fi transmise.

Mărimea ce caracterizează o sursă de informaţii nu este cîştigul de informaţii obţinut prin recepţionarea unui semnal, ci informaţia medie pe simbol pe care o debitează sursa de informaţii cînd transmite. Dacă considerăm că o sursă de informaţii, definită prin N simboluri şi distribuţia de probabilitate $p(X_j) = p(i)$, unde i ia toate valorile de la 1 la N, informaţia furnizată de sursă prin transmiterea semnalului de indice i este $J = -\log_2 p(i)$ şi, pentru o serie lungă de semnale, informaţia medie furnizată pe simbol va fi media ponderată a informaţiilor relative la fiecare semnal :

$$H = -\sum p(i) \log_2 p(i),$$

cantitate pe care SHANNON o numeşte entropia sursei de informaţie, iar alţii o numesc informaţie medie.

Dacă considerăm mai multe surse de informaţie, definite toate printr-un acelaşi număr de semnale, dar avînd distribuţii de probabilitate $p(i)$ diferite, putem căuta printre ele pe acel care furnizează informaţia medie pe simbol maximă. Aceasta revine la a căuta distribuţia de probabilitate $p(i)$, care face maximă informaţia medie H, ţinînd seama de condiţia de legătură $\sum p(i) = 1$. Calculul ne arată că distribuţia optimă este distribuţia de egală probabilitate între diferitele semnale : $p(i) = -1/N$

În acest mod, raportul $\dfrac{H}{H_{\max}}$ defineşte eficacitatea unei surse de informaţii. Cantitatea $1 - \dfrac{H}{H_{\max}}$ se numeşte redondanţa sursei de informaţie. Cînd informaţia medie, furnizată de o sursă de informaţii, este mică, este interesant de folosit un cod pentru transformarea acestei surse de informaţii într-o alta, care să ne dea o informaţie medie mai mare. Dar în aprecierea informaţiei medii, trebuie avută în vederea nu numai informaţia medie emisă, ci şi informaţia medie recepţionată de un receptor de informaţii ţinînd seama de prezenţa fluctuaţiilor parazite, care se suprapun semnalelor pe calea de transmisie, între emiţător şi receptor.

Fie $X_1, X_2, \ldots, X_n$ semnale transmise de o sursă de informaţii şi $Y_1, Y_2, \ldots, Y_n$ semnalele primite de un receptor. Dacă nu ar exista perturbaţii pe linia de transmisie, între fiecare X_i şi Y_i ar fi o corespondenţă biunivocă. Prezenţa perturbaţiilor în calea de transmisie conduce la faptul că la transmiterea unui semnal X_i de către sursa de informaţii pot corespunde mai multe semnale Y_i diferite la recepţie. Reciproc, la recepţia unui semnal Y_i dat, există oarecare nesiguranţă asupra semnalului X_i transmis. Efectul perturbaţiilor parazite poate fi exprimat printr-o mulţime de posibilităţi condiţionale $P_{xi}(Y_j)$ dînd posibilitatea de a primi un semnal Y_j cînd se transmite un semnal X_i şi $p_{yj}(X_i)$, care dă posibilitatea ca, atunci cînd se primeşte un semnal Y_j, el să fie datorat transmiterii unui semnal X_i.

Informaţia căpătată la primirea unui anumit semnal Y_j se poate exprima astfel : înainte de recepţia semnalului, starea de cunoaştere a observatorului este dată prin distribuţia de probabilitate $p(X_i)$, care caracterizează sursa de informaţii. Dacă la recepţia semnalului emis, nu există nici o îndoială, cîştigul de informaţii va fi $-\log p(X_i)$, dar, după recepţia unui anumit Y_i, starea de cunoaştere a observatorului este caracterizată prin distribuţia de probabilitate condiţionată $p_y(X)$, care ne dă posibilitatea de a atribui recepţiei unui anumit semnal Y_i transmiterea unui semnal X dat. În acest caz, cîştigul de informaţie al observatorului este mai mic decît $-\log p(X_i)$. Informaţia pierdută în timpul transmisiei corespunde aceleia obţinute cînd se trece de la o distribuţie $p_y(X)$ la o distribuţie $p_y(X_i) = 1$, $p_y(X_j) = 0$ pentru $j \neq i$, adică $-\log p_y(X)$. În consecinţă, informaţia căpătată în cadrul unei transmisii perturbate este :

$$-\log p(X) - [-\log p_y(X)] = \log \frac{p_y(x)}{p(X)}.$$

Primind un semnal Y, observatorul nu ştie care este semnalul X transmis. În consecinţă, sporul său de informaţii este media ponderentă a cîştigurilor de informaţii obţinute la recepţia unui semnal Y_i, ţinînd seama de posibilitatea de a fi emis ca urmare a transmiterii a diferite semnale X_i, adică

$$\sum_{X_i} p(X_j) \log \frac{p_y(X_j)}{p(X_j)}.$$

Putem acum evalua informaţia medie căpătată pe simbol la recepţionarea unei serii de semnale Y. Pentru aceasta vom face media ponderată a informaţiei căpătate pentru un Y prin posibilitatea de a primi acest Y, adică

$$\sum_j p(Y) \sum_x p(X) \log \frac{p_y(X)}{p(X)}.$$

Dacă notăm

$$H(X) = -\sum p(X) \log p(X),$$

$$H_y(X) = -\sum p(Y) \sum_x p(X) \log p_y(X),$$

informaţia medie pe simbol poate fi scrisă :

$$H(X) - H_y(X).$$

Dacă transmisia ar fi fost perfectă, informaţia medie pe simbol ar fi fost $H(X)$. Termenul $H_y(X)$, care corespunde pierderii de informaţii datorită perturbaţiilor parazite, caracterizează incertitudinea transmisiei.

În general, caracteristicile parazite ale căii de transmisie limitează informaţia medie transmisă. O cale de transmisie se caracterizează prin cantitatea maximă de informaţii

pe care o poate transmite în unitatea de timp, adică prin valoarea maximă a cantităţii.

$$\frac{1}{T}\,[H(X) - H_y(X)],$$

obţinută cînd variază distribuţia de probabilitate $p(X)$ a sursei de informaţii care emite pe această cale de transmisie. Această valoare maximă se numeşte capacitatea de transmisie a căii şi este dată de relaţia $C = F \log \left(1+\frac{S}{Z}\right)$. Această relaţie este cea mai importantă din teoria informaţiei.

Totalitatea sistemelor de transmisie astăzi întrebuinţate au fost concepute şi realizate cu mult înaintea dezvoltării teoriei informaţiilor. De la primele publicaţii ale lui SHANNON au fost făcute numeroase studii matematice, privind fie probleme de cod de transmisie , fie probleme de minimizare a influenţei semnalelor parazite, fie probleme de comparare a calităţii de transmisie pentru diferite sisteme.

Iuţeala cu care s-au dezvoltat în acest domeniu lucrările de matematici, a creat o prăpastie între metodele propuse, ca rezultat al acestor studii, pentru ameliorarea calităţii unei transmisii şi problemele practice, pe care le pune realizarea unui sistem de transmisii.

Aportul teoriei informaţiilor poate fi rezumat în următoarele două concluzii :

a) confirmarea faptului că intuiţia care a condus la realizarea actualelor sisteme de transmisie a fost corectă ;

b) faptul că a fost pusă în evidenţă redusa eficacitate a majorităţii sistemelor de transmisie.

În ceea ce priveşte cea de a doua concluzie, teoria informaţiei nu dă nici o indicaţie asupra orientării cerinţelor în vederea îmbunătăţirii comunicaţiilor.

Un calcul simplu arată că utilizarea unei benzi de frecvenţă în transmisiile telefonice de 3 500 Hz la un raport semnal/zgomot de 1 000, constituie o risipă exagerată. Cercetări recente au dus la folosirea unei benzi de frecvenţă de 275 Hz, obţinîndu-se o transmisie corectă a vorbei, şi se speră la reducerea benzei de frecvenţă la numai 20 Hz.

În domeniul televiziunii, s-a pus în evidenţă faptul că 97% din informaţiile transmise sînt redondante.

Pentru a completa bilanţul aportului teoriei informaţiei în cei 12 ani de existenţă, trebuie să adăugăm aplicarea ei în domeniul lingvisticii. În acest domeniu, ea dă explicaţia proprietăţilor statistice comune la majoritatea limbilor vorbite. ZIPF a arătat că frecvenţa de obţinere a diferitelor cuvinte într-o anumită limbă vorbită, este funcţie de rangul pe care îl ocupă cuvîntul într-o ordine de frecvenţă descrescătoare. MANDELBROJ a arătat că frecvenţa de a obţine al n-lea cuvînt dintr-un asemenea clasament, într-o limbă vorbită este dată de formula

$$F = \frac{1}{(n + n^\circ)^b},$$

unde F este frecvenţa de obţinere al celui de al n-lea cuvînt, n rangul cuvîntului în clasament, şi n° şi b două constante — formulă dovedită în perfect acord cu rezultatele experimentale făcute asupra unui mare număr de limbi vorbite.

În concluzie, diagrama dezvoltării teoriei informaţiei se împarte în trei perioade distincte : prima perioadă — dinainte de 1946 — constituie naşterea teoriei, a doua perioadă — între 1946 şi 1948 — constituie cristalizarea teoriei comunicaţiilor a lui SHANNON, iar a treia perioadă — după 1948 — este caracterizată prin numeroase studii menite să dezvolte această teorie.

CRONICA

Şedinţa lărgită a Consiliului Central ASIT

Unele concluzii privind activitatea ASIT

In ziua de 30 ianuarie a avut loc şedinţa lărgită a Consiliului Central ASIT la care au luat parte membrii Consiliului Central, preşedinţi ai filialelor şi ai unor cercuri ASIT fruntaşe, din Capitală şi din ţară, reprezentanţi ai unor ministere, ai Consiliului Central al Sindicatelor şi ai unor instituţii şi organizaţii centrale.

Şedinţa a fost prezidată de tov. prof. dr. ing. Ştefan *Bălan*.

După cuvîntul de deschidere al tov. ing. *Şt. Bălan* vicepreşedinte al ASIT, tov. ing. *O. Russu*, prim secretar al Consiliului Central ASIT, a prezentat darea de seamă cu privire la activitatea depusă de Asociaţie în anul 1959 şi planul de muncă pe anul 1960 *). Raportul de activitate a suscitat ample discuţii, la care au luat parte numeroşi participanţi la şedinţă. Darea de seamă, ca şi discuţiile purtate pe marginea ei, au evidenţiat marele volum de muncă depus de cercurile, filialele şi secţiile de specialitate ASIT pentru traducerea în viaţă a sarcinilor plenarelor C.C. al P.M.R. din noiembrie 1958 şi iulie 1959, privind dezvoltarea rapidă a economiei ţării şi ridicarea nivelului de trai.

Lucrările şedinţei Consiliului Central ASIT au scos din nou în evidenţă că sarcina centrală a Asociaţiei este promovarea cu fermitate a tehnicii noi în producţie. Numeroşi vorbitori au subliniat faptul că organizaţiile ASIT trebuie să dea cea mai mare atenţie aplicării tehnologiilor noi, mecanizării şi automatizării proceselor de producţie.

Pentru informarea membrilor ASIT despre dezvoltarea tehnicii noi şi aplicarea ei în producţie, s-a apreciat ca foarte pozitivă organizarea de sesiuni tehnico-ştiinţifice în cercuri ; dacă în anul 1959 au fost organizate peste 240 sesiuni tehnico-ştiinţifice, s-a cerut ca în anul 1960 fiecare cerc ASIT să organizeze cel puţin o sesiune tehnico-ştiinţifică, atrăgînd în organizarea ei oameni de ştiinţă, cercetători şi specialişti din afara întreprinderilor, care au preocupări legate de producţie.

Atrăgînd în jurul lor un activ mai larg de ingineri şi tehnicieni, colaborînd mai bine cu organele sindicale şi îndrumate mai îndeaproape de organele de partid, cercurile şi filialele au fost în măsură în anul 1959 să mobilizeze o masă mult mai mare de muncitori, ingineri şi tehnicieni pentru aplicarea largă a tehnicii noi, valorificarea resurselor din întreprinderi şi realizarea de economii.

Creşterea volumului activităţii a fost însoţită de o creştere calitativă a muncii ASIT, orientarea ei a fost mult mai bine precizată în sensul că nivelul ei tehnico-ştiinţific a sporit ca urmare a atragerii mai largi a cadrelor didactice şi a specialiştilor din institutele de cercetări şi învăţămînt tehnic superior.

Din discuţii a reieşit că trebuie pus un accent deosebit pe extinderea micii mecanizări, în vederea creşterii productivităţii muncii şi eliminării strangulărilor în producţie.

La acţiunea de introducere a tehnicii noi în producţie s-a cerut extinderea experienţei pozitive a unor cercuri şi filiale ASIT de creare a brigăzilor de colaborare dintre oamenii de ştiinţă şi specialiştii din producţie.

*) Darea de seamă s-a publicat în gazeta „Tehnica Nouă", nr. 245.

Conferinţele pe ramură care urmează să aibă loc în cursul anului 1960 vor face de asemenea o analiză a nivelului de aplicare a tehnicii noi, stabilind măsuri pentru ridicarea tehnicităţii în ramurile respective.

O atenţie sporită s-a acordat problemelor de proiectare şi cercetare, domeniu în care s-au înregistrat progrese însemnate.

Participanţii au subliniat că Asociaţiei îi revine sarcina să-i ajute pe proiectanţi de a fi înarmaţi cu cele mai noi realizări din ţară şi de peste hotare să întocmească proiecte folosind soluţii tehnice moderne şi în acelaşi timp cu o bună eficienţă economică; s-a cerut ca proiectanţii să fie atraşi într-o mai mare măsură în activitatea ASIT, cum ar fi în consfătuiri, dezbateri, schimburi de experienţă etc.

O atenţie deosebită se acordă în primul rînd proiectanţilor din uzine şi de la institutele regionale de proiectare.

In privinţa cercetării s-a cerut să se dezvolte şi să se extindă cercetarea în uzine şi fabrici, strîns legată de nevoile curente ale producţiei şi de necesitatea aplicării tehnologiilor noi în fabricaţie.

In şedinţa Consiliului s-a discutat pe larg şi despre dezvoltarea mişcării de inovaţii în anul care a trecut. După datele Oficiului de Stat pentru Invenţii creşterea numărului de propuneri de inovaţii şi a cuantumului economiilor este de numai 5%. S-a arătat că, acolo unde cercurile ASIT nu se ocupă de inovatori într-o suficientă măsură (Combinatul Reşiţa, Uzina „Mao Tzedun", Uzina „Timpuri Noi" şi altele), mişcarea de inovaţii lîncezeşte. A rezultat că cercurile şi filialele ASIT trebuie să se ocupe cu toată răspunderea de stimularea şi sprijinirea mişcării de inovaţii ca pîrghie însemnată a progresului tehnic.

Problemele folosirii rezervelor interne din întreprinderi şi a reducerii preţului de cost au constituit o preocupare generală în Asociaţie. ASIT şi-a adus contribuţia la crearea unei opinii active de masă în rîndul muncitorilor, inginerilor şi tehnicienilor în direcţia folosirii complete a capacităţii lor de producţie, a reducerii consumurilor specifice de materiale şi combustibil şi implicit a reducerii preţului de cost.

In colectivele formate pe secţii, ateliere şi întreprinderi sau la nivelul regiunilor şi raioanelor au activat şi activează mii de membri ASIT trimişi de cercuri şi filiale care studiază cu răspundere posibilităţile nefolosite pentru creşterea producţiei şi productivităţii muncii şi întocmesc propuneri judicioase pentru punerea lor în valoare. A fost dată ca exemplu acţiunea largă care se desfăşoară în producţie, în aproape toate întreprinderile din regiunea Ploeşti, pentru descoperirea rezervelor producţiei, acţiune dusă în comun de cercurile ASIT şi comitetele sindicale sub îndrumarea Comitetului Regional de Partid.

In cuvîntul rostit în cadrul şedinţei plenare a Consiliului Central, inginerul *C. Fotescu*, prim-secretar al Filialei Ploeşti, a subliniat că rolul colaborării dintre filiala ASIT şi Consiliul sindical al regiunii Ploeşti îl arată şi creşterea continuă a volumului de economii personale ale fiecărui membru ASIT.

De asemenea, în şedinţă s-a cerut să se intensifice de către ASIT acţiunea de informare şi documentare asupra tehnicii noi; în acest sens s-a cerut să se intensifice organizarea de cursuri tehnice la filiale şi de cursuri de specializare pentru ingineri în Bucureşti şi alte centre, publicaţiile ASIT să mărească numărul de articole şi note documentare asupra experienţei pozitive şi tehnicii noi din ţară şi de peste hotare, pentru ca în acest fel valoarea tehnico-ştiinţifică a activităţii ASIT să se ridice la un nivel mai înalt. Tot în acest scop este indicată folosirea mai intensă a membrilor ASIT care participă la conferinţe şi congrese în străinătate, intensificarea schimbului de experienţă, atît în ţară, cît şi cu alte ţări etc. Participanţii au mai sugerat biroului Consiliului Central posibilitatea apariţiei unor noi reviste pentru ramuri noi ale tehnicii, ca de pildă: mase plastice, sudură, mecanizare şi mică mecanizare şi altele. De asemenea s-a cerut ca I.D.T. să creeze în centrele importante filiale I.D.T., care să colaboreze cu filialele ASIT.

Participanţii la şedinţă au arătat necesitatea unei mai intense popularizări a noilor produse româneşti, pentru a putea fi mai larg folosite.

Problema înfiinţării Casei Inginerului şi Tehnicianului în Bucureşti, ca şi în alte centre, a fost din nou ridicată de mai mulţi dintre participanţi, insistîndu-se asupra rolului ei important în dezvoltarea activităţii Asociaţiei şi a strîngerii legăturilor între membrii ASIT. In acest sens a suscitat interes expunerea făcută de tov. *V. Rosin*, prim secretar al Filialei ASIT Constanţa care a arătat că la Constanţa se va construi o Casă a Inginerului şi Tehnicianului prin mijloace financiare proprii, respectiv prin contribuţia fiecărui membru ASIT.

In legătură cu problemele organizatorice s-a remarcat faptul că membrii biroului Consiliului Central ASIT s-au deplasat în anul 1959 mai mult la filiale, avînd în felul acesta posibilitatea să cunoască mai bine problemele ce preocupă pe ingineri şi tehnicieni, să ia unele măsuri în sprijinul membrilor ASIT şi să îndrumeze cercurile şi filialele ASIT.

S-a cerut secţiilor de specialitate ale Consiliului Central să dea un sprijin mai concret secţiilor de la filiale, îndrumîndu-le mai bine în muncă şi organizînd în colaborare mai multe consfătuiri şi schimburi de experienţă.

De asemenea, s-a ridicat problema cuprinderii în ASIT a cît mai multor ingineri şi tehnicieni, arătîndu-se că în prezent sînt membri ASIT numai o treime din numărul existent; de asemenea, s-a arătat necesitatea organizării de cercuri ASIT în institutele de învăţămînt tehnic superior, în deosebi în Bucureşti, unde nu există, astfel încît cadrele didactice să fie atrase în activitatea ASIT.

A fost apreciată pozitiv întărirea colaborării dintre ASIT şi sindicate, pe toate planurile, ca şi pe plan central; secţiile de specialitate ale Consiliului Central ASIT şi Comitetele Centrale ale uniunilor sindicale pe ramuri şi-au pus de acord planurile de muncă şi au stabilit un număr de acţiuni care vor fi organizate în comun.

Şedinţa lărgită a Consilului Central ASIT s-a preocupat de creşterea eficacităţii activităţii ASIT, cerînd ca concluziile şi recomandările consfătuirilor să privească în principal pe membrii şi organizaţiile ASIT şi să se urmărească sistematic modul cum filialele, secţiile şi cercurile ASIT aplică aceste concluzii şi recomandări.

Şedinţa a aprobat darea de seamă asupra activităţii pe anul 1959, raportul Comisiei de revizie şi planul de muncă pe anul 1960.

Planul pe anul 1960 urmăreşte să sprijine şi mai mult activitatea inginerilor şi tehnicienilor pentru îndeplinirea sarcinilor plenarei C.C. al P.M.R. din 3-5 decembrie 1959, în deosebi pe calea ridicării continue a nivelului tehnic al producţiei, a folosirii optime a capacităţii de producţie, a materialelor şi energiei şi a creşterii calificării muncitorilor, inginerilor şi tehnicienilor.

După cum a arătat în concluziile trase la şedinţa lărgită a Consiliului Central ASIT tov. prof. dr. ing. *Ştefan Bălan*, condiţia principală pentru înlăturarea lipsurilor care mai persistă în munca Asociaţiei noastre este activizarea secţiilor, a filialelor şi a cercurilor ASIT, mai ales în organizarea sesiunilor tehnico-ştiinţifice şi a tratării în aceste sesiuni a problemelor legate de tehnica înaintată, de pregătirea superioară a cadrelor, de dezvoltarea şi perfecţionarea producţiei.

In continuare, tov. prof. *Ştefan Bălan* a accentuat necesitatea intensificării muncii de documentare tehnică, pentru a putea ţine pas cu ritmul extraordinar de dezvoltare a tehnicii. Nu poate să introducă tehnica nouă un om care nu are cultură generală tehnică foarte solidă şi nu are cunoştinţe de specialitate foarte înalte. Legat de munca de documentare şi de ridicare a nivelului ştiinţific al inginerilor, a subliniat tov. prof. Bălan, se pune şi problema creşterii nivelului publicaţiilor ASIT, care trebuie să ajungă în rîndul celor mai bune publicaţii tehnice.

Stabilind necesitatea creşterii rîndurilor Asociaţiei noastre, tov. *Ştefan Bălan* a vorbit despre mîndria de a fi

inginer şi totodată membru al ASIT, activist al ASIT şi încă un activist de frunte.

Tot în concluzii s-a arătat că inginerii şi tehnicienii trebuie să găsească formele cele mai adecvate pentru ca în cinstea Congresului Partidului să obţină rezultate cît mai bune în munca lor, pentru a dovedi astfel partidului şi guvernului că se străduiesc cu devotament să continuie într-o tot mai mare măsură la construirea socialismului în patria noastră.

Membrii ASIT, în marea lor majoritate, muncesc cu devotament pentru a realiza în cele mai bune condiţii sarcinile ce le revin. Lucrările Plenarei Consiliului Central ASIT au constituit o nouă confirmare a ataşamentului inginerilor şi tehnicienilor faţă de Asociaţie, a hotărîrii lor ferme ca, sub conducerea înţeleaptă a partidului, să lupte neobosit pentru dezvoltarea economică a ţării şi pentru ridicarea bunăstării poporului.

Consfătuirea tehnico-ştiinţifică asupra maşinilor electronice de calcul

În zilele de 13, 14 şi 15 ianuarie 1960 a avut loc prima Consfătuire tehnico-ştiinţifică asupra maşinilor electronice de calcul din ţara noastră. Ea a fost organizată de Comisia de Automatizare a Academiei R.P.R., în colaborare cu Secţia de Ştiinţe Matematice şi Fizice şi Secţia de Ştiinţe Tehnice.

Consfătuirea s-a considerat necesară ca urmare a dezvoltării pe care a luat-o întrebuinţarea maşinilor electronice de calcul în numeroase domenii de activitate, din ştiinţă şi tehnică, şi mai ales a perspectivelor de întrebuinţare a lor, care apar pentru viitorul apropiat în ţara noastră.

Scopurile consfătuirii au fost conturate în cuvîntul de deschidere al acad. I. S. GHEORGHIU, vicepreşedinte al Academiei R.P.R. şi preşedinte ale Comisiei de Automatizare a Academiei R.P.R., care lipsind din motive de boală a fost prezentat de acad. GR. MOISIL. Acestea au fost:

a) să se expună lucrările realizate în ţara noastră — domeniul teoriei maşinilor de calcul şi cel al calculului numeric în general, în diferite institute ale Academiei şi altele;

b) să se arate maşinile de calcul şi caracteristicile lor realizate în ţară la Institutul de Fizică Atomică, Institutul de Energetică, Academia Militară Tehnică, Institutul Politehnic Bucureşti şi Institutul Politehnic Timişoara; de asemenea, să arate lucrările teoretice în legătură cu construcţia acestor maşini şi cu programarea lor;

c) să arate întrebuinţările maşinilor electronice de calcul în cercetarea tehnico-ştiinţifică în automatizarea industrială, în economie (planificare şi evidenţă), în lingvistică.

Potrivit cu aceasta, lucrările consfătuirii s-au dezvoltat în trei secţii:

Secţia I. Studii teoretice în legătură cu maşinile de calcul (26 referate).

Secţia II. Construirea maşinilor de calcul şi programarea problemelor (19 referate).

Secţia III. Aplicaţiile maşinilor de calcul în industrie, economie şi în cercetările ştiinţifice (22 referate).

La secţia I s-au remarcat lucrările grupului de cercetători condus de acad. GR. MOISIL, ale cărui realizări valoroase sînt cunoscute de mai mulţi ani şi sînt bine apreciate în străinătate. Studiile teoretice ale acestui grup au importante aplicaţii în schemele de automatizare cu contacte şi relee şi în construirea (sinteza) schemelor maşinilor de calcul.

La secţia II s-au remarcat lucrările colectivelor care au realizat primele maşini de calcul din ţara noastră: la Institutul de Fizică Atomică (colectivul condus de ing. V. TOMA), la Institutul de Energetică (colectivul condus de ing. M. POPOV), la Academia Militară Tehnică (colectivul condus de ing. S. SCHÄCHTER şi ing. F. MUNTEANU). Pe baza experienţei dobîndite de aceşti constructori se va putea trece la construirea în ţară a diferite tipuri de maşini electronice de calcul, mai mari sau mai mici, numerice sau analogice, necesare în proiectarea şi conducererea instalaţiilor de automatizare industrială, în cercetarea tehnico-ştiinţifică, în planificare şi evidenţă.

La secţia III s-au remarcat referatele care au prezentat perspectivele de introducere a maşinilor electronice de calcul în ţara noastră şi avantajele pentru industrie şi economie.

Astfel, ing. I. PAPĂDACHE, secretar al Comisiei de Automatizare a Academiei R.P.R., a arătat în referatele sale „Introducerea calculatoarelor în industria din R.P.R." şi „Maşinile de calcul în automatizări şi perspectivele introducerii lor în industria noastră", între altele următoarele: în ultimii ani se constată în ţările cu tehnică avansată, introducerea maşinilor de calcul în scopul conducerii optime a proceselor de producţie. Eficienţa economică a acestei introduceri a maşinilor de calcul este în prezent bine stabilită şi se consideră ca o certitudine înglobarea curentă în viitorul apropiat a maşinilor de calcul în automatizarea complexă sau parţială a proceselor de producţie. S-a putut constata că investiţia suplimentară respectivă a fost recuperată foarte repede şi se citează cazuri în care această recuperare s-a făcut în cîteva luni. Modul în care maşinile de calcul pot fi întrebuinţate pentru optimalizarea proceselor de producţie este variat, de la caz la caz, şi necesită în prealabil un studiu amănunţit tehnico-ştiinţific pe de o parte şi economic pe de altă parte.

Deşi în industria noastră sînt necesare încă investiţii considerabile pentru automatizări obişnuite, prin metodele convenţionale bine cunoscute, este necesar să existe încă de pe acum preocuparea introducerii şi a automatizărilor complexe, cu maşini de calcul. Pentru a ţine pasul cu tehnica nouă şi a satisface condiţiile crescînde ale producţiei noastre industriale, este necesar să se adopte de la început metodele tehnice cele mai avansate ale automatizării, ori de cîte ori procesul tehnologic justifică economic această tehnică avansată. Este de aşteptat că maşinile de calcul electronice vor trebui să fie introduse în industria noastră, în sectoarele chimie, petrol, metalurgie şi în sistemele energetice. S-a mai arătat că astfel de automatizări complexe vor interesa de aproape şi exportul nostru de utilaj industrial.

Utilitatea întrebuinţării maşinilor electronice de calcul în lucrările de planificare şi evidenţă a fost arătată în referatul prezentat de prof. T. TĂNĂSESCU, ing. M. MĂNESCU şi prof. ED. NICOLAU.

Prof. T. POPOVICI, directorul Institutului de Calcul al Academiei R.P.R. din Cluj, a arătat importanţa înfiinţării Centrelor de Calcul în R.P.R. şi a făcut propuneri în acest sens. Dezvoltarea la care a ajuns în momentul de faţă industria ţării noastre impune şi ridicarea la un nivel calitativ superior a metodelor de calcul folosite de practicienii, tehnicienii, inginerii şi economiştii noştri; aplicarea calculului numeric modern necesită utilizarea maşinilor de calcul electronice.

Pe lîngă referatele cercetătorilor romîni, la consfătuire au fost prezentate referate valoroase ale delegaţilor străini, printre care: Maşina de calcul cu elemente magnetice, de KOROLKOV (U.R.S.S.) şi ZRA-1, maşină de calcul numerică cu ferite, VEB Karl Zeiss Jena, de W. KÄMMERER (R.D.G.).

Şedinţele consfătuirii au fost urmărite cu viu interes de un numeros public care a suprapopulat sălile şi a luat parte la discuţii.

La închiderea consfătuirii, acad. GR. MOISIL, membru în Prezidiul Academiei R.P.R. şi vicepreşedinte al Comisiei de Automatizare, a dat citire unei rezoluţii în care s-au făcut recomandări pentru:

1. Introducerea maşinilor de calcul în industrie.
2. Introducerea maşinilor de calcul în lucrările de planificare şi evidenţă.
3. Înfiinţarea de centre de calcul şi dotarea lor cu personal şi maşini.

4. Formarea şi utilizarea cadrelor de specialişti în domeniul maşinilor de calcul electronice.

5. Înfiinţarea centrului de studii tehnico-ştiinţifice în domeniul automatizărilor şi al maşinilor de calcul.

6. Dezvoltarea studiilor pentru introducerea maşinilor de calcul în economie.

7. Folosirea maşinilor de calcul şi a elementelor de automatizare.

8. Cercetările în domeniul lingvisticii matematice şi a traducerii mecanice.

9. Literatura de specialitate, informaţii, documentare şi relaţii cu străinătatea.

În afară de discuţiile care s-au dus pe marginea referatelor, în şedinţele de lucru pe secţii, la închiderea consfătuirii, mai mulţi vorbitori au luat cuvîntul pentru a trage concluzii generale. Astfel, acad. Gr. MOISIL a arătat că graţie maşinilor de calcul electronice s-a schimbat felul de a pune şi a trata ecuaţiile fizicii matematice; aceste maşini ne permit să nu mai presupunem liniaritatea fenomenelor, nici omogenitatea şi izotropia corpurilor; introducerea acestor maşini în ştiinţă şi tehnică se va face dacă ne gîndim că este caracteristic omului de ştiinţă neanchilozarea şi că tehnica nu trebuie să se anchilozeze în rutină.

Prof. T. TĂNĂSESCU (Institutul Politehnic) a arătat că metodele de cercetare moderne ar trebui să se extindă nu numai în ştiinţă şi tehnică, dar şi în economia ţării. Este necesară o colaborare cu economiştii şi contabilii. Cadrele specializate fiind în număr limitat, ele trebuie utilizate cu atenţie şi eficacitate pe problemele principale ale economiei ţării.

Prof. ing. C. PENESCU (Institutul Politehnic) relevă necesitatea studierii de pe acum a mijloacelor şi măsurilor celor mai bune pentru favorizarea introducerii maşinilor de calcul în industrie; el a anunţat că la Institutul Politehnic din Bucureşti s-a înfiinţat o secţie de Automatică, care va contribui la formarea cadrelor necesare.

Ing. PAUL CONSTANTINESCU (Institutul de Matematică) remarcă prezenţa la această consfătuire a unor categorii foarte variate de specialişti (matematicieni, electronişti, economişti, lingvişti) şi arată că trebuie favorizată şi organizată colaborarea dintre aceştia pe întreaga ţară.

Prof. TIBERIU POPOVICI (Filiala Academiei R.P.R. Cluj) scoate în evidenţă importanţa analizei numerice şi necesitatea adaptării planurilor de învăţămînt superior la dezvoltările ştiinţei moderne şi la problemele industriei; nu este suficient înfiinţarea de secţii de specializare ci este necesar ca spiritul nou să pătrundă în învăţămîntul general, nu numai în cel de specialitate.

Ing. V. M. POPOV (Institutul de Energetică) subliniază legătura intimă care există între automatică şi tehnica maşinilor de calcul, încît s-ar putea spune că aceasta din urmă face parte integrantă din automatică. Preconizează ca să fie contopite într-un singur organism colectivele de automatică şi cele de maşini de calcul. Tehnica nouă pune problema realizării unui salt calitativ, pentru care este absolut necesar un colectiv puternic de cercetare.

Ing. Gh. IOANIN (IPROMET) arată că trebuie să se asigure mai întîi introducerea automatizărilor clasice în industrie şi pe urmă a automatizărilor complexe (cu maşini de calcul electronice). În ceea ce priveşte formarea cadrelor, este necesară înfiinţarea unui institut de automatică şi a mai multor centre de calcul; în plus, va trebui asigurată o legătură mai strînsă între inginerii din industrie şi cercetătorii din institute.

În concluzie, se poate considera că această primă consfătuire asupra maşinilor electronice de calcul şi-a atins pe deplin scopurile pentru care a fost organizată şi urmările ei vor constitui un imbold pentru introducerea şi dezvoltarea mai departe a maşinilor de calcul în ţara noastră.

Prof. CHR. VAZACA

CĂRŢI

CZ 621–52 :621.316.5 :621.318.5

MOISIL GR. C.: **Scheme cu comandă directă cu contacte şi relee.** Comisia de Automatizări, Institutul de Matematici. Monografii asupra teoriei algebrice a mecanismelor automate. Editura Academiei R.P.R., Bucureşti, 1959, 205 p.

CZ 621–52 :512

MOISIL GR. C.: **Teoria algebrică a mecanismelor automate.** Academia R.P.R. Ştiinţă şi Tehnică 14, Editura Tehnică, Bucureşti, 1959, 703 p.

Odată cu dezvoltarea problemelor de automatizare, s-a simţit nevoia elaborării unui instrument matematic pentru tratarea schemelor cu funcţionare discontinuă. Astfel de scheme intervin în numeroase probleme tehnice, ca: centrale telefonice, ascensoare şi, în general, în toate sistemele de reglare cu funcţionare discontinuă.

În ţara noastră, începînd din anul 1953, un grup de matematicieni şi ingineri, grupaţi în jurul acad. GR. C. MOISIL, au format un colectiv care se preocupă de aceste probleme. Cele două volume la care ne referim prezintă primele cărţi apărute în această direcţie la noi în ţară.

Prima lucrare „Scheme cu comandă directă cu contacte şi relee" este o lucrare care se adresează în primul rînd celor care iau legătura cu aceste probleme. Lucrarea este redactată într-un mod deosebit de clar cu foarte numeroase exemple şi cu zeci de exerciţii rezolvate.

Lucrarea se caracterizează prin faptul că, deşi lucrurile sînt prezentate relativ simplu, totuşi toate definiţiile sînt introduse corect din punct de vedere logic şi matematic.

În această lucrare se tratează atît problemele de analiză, cît şi cele de sinteză ale schemelor cu contacte şi relee.

Lucrarea „Teoria algebrică a mecanismelor automate" prezintă un caracter diferit. Ea nu se mai adresează unui începător, ci este dedicată în primul rînd matematicienilor cît şi inginerilor care lucrează în domeniul automatizării cu contacte şi relee.

Lucrarea face uz de un instrument algebric variat. În afară de aplicarea algebrei booleene, care a fost utilizată şi în primul volum, acesta de-al doilea utilizează mai ales teoria corpurilor finite, adică a corpurilor de imaginare ale lui Galois. Deoarece într-un corp finit, calculele se fac la fel ca în algebra clasică, atacarea problemelor se face mai uşor.

Ca o consecinţă a utilizării unui instrument matematic perfecţionat, a fost posibil să se trateze problema funcţionării în timp a releelor ca şi a funcţionării lor reale. S-a putut studia problema sintezei unor scheme cu programe date, ca şi problema clasificării schemelor cu un număr dat de relee.

Trebuie menţionat cu această ocazie că şcoala românească de scheme cu contacte şi relee utilizează şi alte mijloace algebrice, care au fost utilizate în lucrări publicate în periodice. În această situaţie intră, de exemplu, logicele polivalente. Dacă ele nu-şi găsesc însă locul în lucrarea de faţă, aceasta se datoreşte probabil dorinţei de a menţine unitatea lucrării.

În cartea amintită se prezintă şi se tratează atît scheme cu contacte şi relee ordinare, cît şi cu alte elemente intermediare, cum sînt: relee basculante, relee cu curent de automenţinere redus, relee polarizate, contacte cvintipoziţionale etc.

În această ordine de idei amintim că în carte îşi găsesc un loc larg problemele privind schemele cu tuburi electronice, ca: relee electronice, circuite basculante de diferite tipuri etc., ceea ce face ca lucrarea să fie cu atît mai interesantă pentru inginerii electronişti.

Menţionăm de asemenea că acad. GR. C. MOISIL a studiat şi circuite cu elemente noi, cum sînt de exemplu criotronii.

Aceste două lucrări reprezintă o contribuţie deosebit de valoroasă la literatura de automatică apărută la noi în ţară, fiind primele cărţi originale care studiază probleme de automatizare. Şcoala noastră de scheme cu contacte şi relee este astăzi recunoscută pe plan mondial. La o conferinţă organizată acum cîţiva ani de către Academia de Ştiinţe a U.R.S.S s-a arătat că, din acest punct de vedere, ne plasăm pe locul trei din lume, înaintea altor ţări cu veche tradiţie ştiinţifică, ca Anglia, Franţa etc.

Cele două lucrări menţionate contribuie şi mai mult la întărirea acestui prestigiu. Ele vor fi de un real folos tuturor acelora care se ocupă de problemele schemelor automate cu funcţionare discretă, fie că priveşte lucrurile din punctul de vedere teoretic al matematicianului, fie din punctul de vedere tehnic al inginerului.

Aceste importante lucrări de automatizare reprezintă un frumos exemplu de aplicare la problemele concrete a unor teorii matematice, care timp de decenii păreau a fi de domeniul speculaţiei pure. Ele reprezintă în acelaşi timp un deosebit succes al şcolilor romîne de matematici şi de automatizare.

E.N.

CZ 621 – 52 :621.9.07

BULGAKOV A. A. : **Comanda după program a maşinilor de aşchiat metale.** Gosenergoizdat, Moscova-Leningrad, 1959, 128 p.

Una din realizările importante ale automaticii contemporane este funcţionarea după program a maşinilor-unelte. Lucrarea de faţă îşi propune să prezinte problemele fundamentale ale automatizării maşinilor de aşchiat metale, ca şi principiile comenzii cu program a maşinilor-unelte. Lucrarea are patru capitole, şi anume : Introducere generală ; Principiile comenzii cu program a maşinilor-unelte ; Dispozitive de comandă a coordonatelor ; Dispozitive de control al contururilor.

În primul capitol se prezintă mai întîi problemele automatizării maşinilor de aşchiat metale. Se trece apoi la prezentarea sistemelor de comandă cu program.

În capitolul II se arată unele principii ale modulaţiei de fază în legătură cu programarea. Se dau astfel indicaţii asupra dispozitivelor cu selsine, ca şi unele noţiuni privind discriminatorii de fază şi sistemele de produs defazaje.

Un paragraf special este dedicat îmbunătăţirii preciziei obţinute în diverse condiţii de exploatare.

În acelaşi capitol se prezintă unele noţiuni privind pregătirea şi înregistrarea unui program pe o bandă perforată. Cu această ocazie se introduc unele noţiuni sumare asupra sistemului de numeraţie în baza 2, ca şi asupra posibilităţii de înregistrare a numerelor pe benzi perforate. Se dau unele noţiuni asupra codurilor utilizate.

De asemenea, se prezintă problemele înregistrării programelor pe bandă magnetică.

Pentru a se utiliza informaţia cuprinsă pe banda perforată este nevoie să se cunoască dispozitivele de citire şi de prelucrare a informaţiei. Aceste dispozitive sînt fie pur discrete, cifrice adică, sau mixte, discreto-analogice. Se dau schemele-bloc ale sistemelor de transformare a informaţiei în dispozitivele de programare şi comandă programată cu modulaţie de frecvenţă. Această parte este prezentată la un nivel teoretic mai înalt decît restul lucrării, fiindu-i rezervat de asemenea un număr mai mare de pagini (20).

Capitolul al treilea începe prin compararea caracteristicilor diverselor sisteme de comandă care acţionează prin intermediul coordonatelor. Se trece apoi la descrierea schemelor de structură care utilizează selsine. Se descrie de asemenea, schema utilizînd selsinul „inductostin".

Ultimul capitol se referă la controlul conturului, adică al suprafeţelor curbe care se realizează cu strunguri şi cu freze comandate cu ajutorul unor programe înregistrate cu benzi magnetice. Se dau scheme de detaliu privind unele din aparatele utilizate.

Lucrarea este o foarte bună introducere în domeniul relativ nou al maşinilor, unelte cu program. Ea se adresează inginerilor şi tehnicienilor care lucrează în domeniul automatizării producţiei şi de asemenea tuturor celor care se preocupă de introducerea ciberneticii în producţia industrială.

E.N.

CZ 681.142 :53.072.13

I. M. TETELBAUM : **Modelarea electrică.** Fizmatghiz, Moscova, 1959, 319 p.

În ultimii ani problemele calculului analogic cunosc o mare importanţă practică. În cele mai variate domenii de activitate se utilizează astăzi dispozitive de calcul analogice. În Uniunea Sovietică calculul analogic are o mare tradiţie, unele din teoremele fundamentale ale similitudinii fiind stabilite de cercetători ruşi şi sovietici.

Lucrarea de faţă este o monografie care tratează bazele modelării electrice, adică prezintă ideile fundamentale referitoare la construirea modelelor electrice ca şi la utilizarea lor.

Lucrarea cuprinde opt capitole, împărţite în trei părţi : *I.* Elemente de teoria modelării ; *II.* Modelarea electrică a sistemelor fizice ; *III.* Modelarea electrică a cîmpurilor fizice.

Prima parte este formată din două capitole : *I.* Problemele generale ale modelării ; *II.* Teoria asemănării în modelare.

Primul capitol se referă la generalităţi privind modelele şi maşinile matematice, cu privire specială asupra modelelor electrice. Capitolul al doilea se ocupă de analiza dimensională şi unele probleme generale ale modelării.

Partea a doua trece la unele studii mai precise, prezentînd la început problemele meselor de calcul utilizate în reţelele electrice. Tot aici se prezintă problema analogiilor mecano-electrice.

Capitolul următor studiază modelele în matrice. Astfel de modele intervin de exemplu în problemele de elasticitate. Se studiază sisteme cu matrici simetrice, sisteme cu transformatoare şi sisteme de matrici cu amplificatoare.

Capitolul *V* studiază aşa-numitele modele structurale, adică modelele formate din amplificatoare operaţionale cu reacţie — ceea ce se numeşte la noi maşină de tip analogic. Se prezintă elementele tipice, dîndu-se şi unele indicaţii asupra modului de funcţionare a amplificatoarelor de curent continuu. Se descriu cîteva tipuri de modele industriale sovietice. Nu se dau detalii asupra programării acestor maşini.

Cu capitolul *VI* se începe ultima parte privind modelarea cîmpurilor. Se dau aici unele metode generale de modelare a cîmpurilor, cum ar fi analogiile electrohidraulice şi electrotermice.

Capitolul *VII* se referă la modelarea cîmpurilor prin metoda mediilor continue. După ce se pune problema în principiu, se trece la descrierea cuvei electrolitice, dîndu-se detalii asupra aparaturii întrebuinţate. Se descriu de asemenea modelele realizate cu corpuri solide. Ultimul capitol arată modalitatea de a studia cîmpurile cu ajutorul reţelelor electrice.

Lucrarea este scrisă foarte clar şi nu prezintă dificultăţi matematice. După cum arată autorul, ea se bazează pe cursul de modelare electrică, predat de autor la Institutul Energetic din Moscova. Lucrarea este utilă tuturor celor care se preocupă de problemele modelării electrice.

E.N.

CZ 621 – 53 :681.142

RAGAZZINI J. R., FRANKLIN G. F. : **Sisteme de control cu date luate prin sondaj.** Mc. Graw-Hill Book Co. New York, 1958, 331 p.

Odată cu evoluţia maşinilor de calculat digitale şi analogice, tehnica reglajului automat a evoluat spre soluţii noi, care constau, printre altele, în utilizarea sistemelor neliniare pe de o parte, şi a sistemelor de control cu maşini de calculat pe de altă parte. În această ultimă categorie intră şi sistemele cu control discontinuu.

În timp ce problema sistemelor din prima categorie este mai accesibilă analizei matematice directe şi a format obiectul a numeroase studii, din contră, problema sistemelor care funcţionează cu date discontinui, luate prin sondare, este relativ nouă. Lucrarea de faţă este printre primele cărţi, dacă nu chiar prima carte, care abordează acest domeniu.

Lucrarea este formată în total din 11 capitole. După o parte introductivă, în care se prezintă transformarea Z, se trece la studierea procesului de sondare şi la descrierea sa matematică. Se recurge aici la teoremele stabilite de SHANNON. Se utilizează şi funcţia delta. Se face o comparaţie cu sistemele de modulaţie.

După ce s-a studiat problema obţinerii datelor discrete, se trece apoi la problema inversă a reconstrucţiei datelor, arătîndu-se diverse metode ce sînt indicate în acest sens.

Se arată cum transformarea Z permite analiza sistemelor liniare, care lucrează cu date eşantionate (luate prin sondaj). Se studiază şi transformarea Z întîrziată, dîndu-se şi exemple de aplicaţii.

Se trece apoi la sisteme în care se utilizează date luate prin eşantionare. Se studiază astfel sisteme dispuse în cascadă şi sisteme cu reacţie. În legătură cu aceasta se studiază problema stabilităţii acestor sisteme. Se stabilesc criterii adecvate, cum ar fi criteriul ROUTH-HURWITZ modificat şi criteriul lui NYQUIST modificat. Se prezintă şi problema răspunsului de frecvenţă a unui astfel de sistem.

Capitolul VI se ocupă de problema aplicării metodelor clasice pentru proiectarea sistemelor de control cu date eşantionate. O astfel de metodă este aceea a aproximării continue prin încercări.

Un capitol este rezervat compensării digitale a sistemelor cu date eşantionate. În capitolul precedent, stabilizarea şi compensarea sistemelor cu date eşantionate se realiza prin introducerea în cascadă a unui element continuu. Acest element se dovedeşte a fi pînă la urmă în legătură cu un dispozitiv digital. Se arată care sînt principiile de bază ale compensării digitale liniare, atît pentru sisteme cu buclă deschisă cît şi cu buclă închisă.

Acest capitol este unul din cele mai mari volume ale lucrării, avînd în total 54 pagini, în timp ce celelalte articole au circa 30 pagini. În continuare, se studiază comportarea sistemelor între două momente în care se iau datele de eşantionare, ca şi sistemele cu mai multe cicluri de sondare.

Penultimul capitol tratează problemele generale ale sistemelor care funcţionează cu date luate prin sondaj, şi la care intrarea se face în mod aleatoriu. Cu această ocazie se reamintesc unele chestiuni generale ale analizei semnalelor aleatoare. Astfel se analizează trecerea semnalelor întîmplătoare prin sisteme pur eşantionare, ca şi metodele de filtrare liniară ale datelor aleatoare eşantionate.

Ultimul capitol studiază diverse aplicaţii ale teoriei datelor eşantionate.

Teoria dezvoltată anterior a fost aplicată la sistemele liniare dinamice care conţin unul sau mai multe circuite de eşantionare care funcţionează periodic. Dar, transformarea Z se află în aceleaşi relaţii cu ecuaţiile liniare cu diferenţe, ca şi transformarea Laplace cu ecuaţiile diferenţiale liniare. Din acest motiv, teoria datelor eşantionate poate servi la rezolvarea oricărei probleme care este descrisă exact printr-o ecuaţie liniară cu diferenţe sau aproximativ printr-o ecuaţie diferenţială liniară. Ecuaţiile cu diferenţe prezintă avantajul că pot fi integrate direct cu maşinile iniţiale.

Se arată cum un sistem continuu cu buclă deschisă poate să fie aproximativ printr-un model eşantionat. Aceeaşi problemă este reluată pentru un sistem cu buclă închisă. Se studiază de asemenea ecuaţii cu coeficienţi variabili în timp şi se abordează problema condiţiilor iniţiale.

Lucrarea de faţă este destinată tuturor celor care se ocupă de problemele teoretice contemporane ale sistemelor de reglare automată.

E.N.

CZ 621–52:03 (8)

O nouă enciclopedie sovietică referitoare la problemele automaticii

Editura Gosenergoizdat din Moscova începe editarea unei noi enciclopedii de automatică. Enciclopedia va generaliza cele mai importante realizări sovietice şi mondiale ale tehnicii, în domeniul măsurării, controlului şi automatizării, fiind o operă cu caracter universal, destinată inginerilor, tehnicienilor, oamenilor de ştiinţă şi studenţilor. Fiecărei probleme îi sînt consacrate o serie de articole care se imprimă pe file separate. Ele pot fi grupate în ordinea preferată de cititor, completate cu file noi. Enciclopedia va fi continuu completată în decurs de mai mulţi ani. Fiecare temă va fi precedată de o introducere care expune bazele teoretice generale. Apoi se dă descrierea detaliată a construcţiilor aparatelor, datele de calcul, scheme etc. Anual vor fi editate 12 fascicole ale enciclopediei. Primele fascicole sînt consacrate reglării automate, telemecanicii, dispozitivelor de modelare, măsurării temperaturilor foarte înalte etc. Primele fascicole ale enciclopediei vor apare în cursul primului semestru al anului 1960.

I.T.

ABONAŢI-VĂ

la revista

AUTOMATICA ŞI ELECTRONICA

Abonamentele se primesc la sediile filialelor A.S.I.T. din întreaga ţară, precum şi prin responsabilii cu presa din cercurile A.S.I.T. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinete tehnice în contul nostru de virament: Publicaţiile Tehnice A.S.I.T. 0.70.124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin, Bucureşti. Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri: lei 30 anual.

I. P. 2, c. 300

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621—533.6 ; 666

PAPADACHE I. и ŞAPSA M. :

Автоматизация промышленных печей (III).

Automatica şi electronica, 4 (1960) № 2, стр. 49—59.

Описываются и рассматриваются схемы газовых печей, применяемых на производстве цемента, извести, кирпича, фарфора и стекла.

ДК 621—52 ; 661.56

SZEKELY, I. и IANCULESCU, GH. R. :

Автоматизация установки для производства азотной кислоты.

Automatica şi electronica, 4 (1960) № 2, стр. 59—65.

Освещаются основные вопросы автоматической регулировки установки для производства разбавленной азотной кислоты при атмосферном давлении. Анализируется технологический процесс и указывается способ регулирования ряда технологических параметров.

ДК 621—53 ; 621.38

HERŞCOVICI, H., CĂLUSITĂ, M. и ŞERBAN, R. :

Современные тенденции в конструкции электронных автоматических регуляторов.

Automatica şi electronica, 4 (1960) № 2, стр. 65—70.

Отмечаются преимущества электронных автоматических регуляторов, их характеристика, освещается положение данного вопроса за рубежом и вносятся предложения по направлению, которое должно быть принято в Румынии в области развития этого производственного сектора.

ДК 681.142

ENDEŞ I., ILIUTĂ, C., FLORESCU, I. и STROE, I. :

Приспособление для преобразования непрерывных величин в дискретные.

Automatica şi electronica, 4 (1960) № 2, стр. 71—77.

Показаны методы преобразования непрерывных величин в цифровые. Описана конструкция приспособления, которая может служить выходным устройством аналогичной электронной счетно-решающей машины.

ДК 621.375.121.2

KORITZER, A. :

Изучение и осуществление распределенного усилителя.

Automatica şi elecronica 4 (1960) № 2, стр. 77—82

Рассматривается основная схема распределенного усилителя и показывается его конструкция, причем отмечаются достигнутые результаты.

ДК 621.317.755.378.587.87

VRÎNCEANU, R. :

Биологический осциллоскоп.

Automatica şi elecronica 4 (1960) № 2, стр. 82—86

После краткого изложения условий работы катодным осциллоскопом применяемым в биоэлектрических исследованих, описывается схема сконструированного автором биологического осциллоскопа.

ЛАБОРАТОРИЯ

ДК 621.374 ; 621.387.426

MARTALOGU N., MOLEA, M. и SCÎNTEIE, N. :

Образователь импульсов продолжительностью менее 10^{-7} сек.

Automatica şi electronica, 4 (1960) № 2, стр. 87—88.

ДЛЯ МОЛОДОГО ИНЖЕНЕРА

ДК 621.371

PÎRVU, A. :

Общий обзор теории информации.

Automatica şi electronica, 4 (1960) № 2, стр. 89—91.

ХРОНИКА, стр. 91—94.

КНИГИ, стр. 94—96.

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621—533.6 : 666

PAPADACHE, I. u. ŞAPSA, M. :

Selbstregelung industrieller Öfen (III).

Automatica şi electronica, 4 (1960) H. 2, S. 49—59.

Es werden die Selbstregelungsschaltungen für gasgeheizte Öfen aus der Zement-, Kalk, Ziegel-, Porzellan- und Glasindustrie dargelegt und untersucht. Die Anwendung elektronischer Rechner auf diesem Gebiet wird besprochen und zum Abschluss werden Vorschläge für ein Zukunftsprogramm in der RVR betreffend die Automatisierung industrieller Öfen unterbreitet.

DK 621—52 : 661.56

SZEKELY, I. u. IANCULESCU, GH. R. :

Die Selbstregelung der Anlage zur Erzeugung von Stickstoffsäure.

Automatica şi electronica, 4 (1960) H. 2, S. 59—65.

Es werden die Grundfragen der Selbstregelung der Anlage zur Erzeugung von verdünnter Stickstoffsäure bei atmosphärischem Druck behandelt. Es wird der technologische Prozess untersucht und die Regelungsweise bestimmter technologischer Parameter zur Optimalisierung dieses Prozesses angegeben. Es wird die Selbstregelung der verschiedenen Teile des Prozesses wie auch die komplexe Selbstregelung der gesamten Anlage angegeben.

DK 621—53 : 621.38

HERŞCOVICI, H., CĂLUSITĂ, M. u. ŞERBAN, R. :

Moderne Entwicklungsrichtungen im Bau elektronischer Selbstregler.

Automatica şi electronica, 4 (1960) H. 2, S. 65—70.

Es werden die Vorteile der elektronischen Selbstregler gezeigt, ihre Kenndaten, das derzeitige Stadium in der Welttechnik und es werden Vorschläge zur Wahl der Entwicklungsrichtung in der RVR auf diesem Gebiet unterbreitet.

DK 681.142

ENDEŞ, I., ILIUTĂ, C., FLORESCU, I. u. STROE, I. :

Vorrichtung zur Transformierung kontinuierlicher in diskrete Grössen.

Automatica şi electronica, 4 (1960) H. 2, S. 71—77.

Nach dem die in Ziffernrechnern angewandten Verfahren zur Transformierung kontinuierlicher Grössen angeführt werden, wird die Ausführung einer Vorrichtung dargelegt, die den Zweck hat, als Ausgangsvorrichtung für einen Analogrechner zu dienen. Das angewandte Prinzip ist die Transformierung der Gleichspannung am Ausgange der Maschine in ein Zeitintervall in Zahlenform. Auf die Fehler die diese Vorrichtung einführt, wie auch auf die Kompensationsverfahren wird näher eingegangen.

DK 621.375.121.2

KORITZER, A. :

Untersuchung und Ausführung eines Verstärkers mit verteilten Konstanten.

Automatica şi electronica, 4 (1960) H. 2, S. 77—82

Es wird die Prinzipschaltung einer Verstärkers mit verteilten Konstanten untersucht und die Ausführung eines solchen Verstärkers mit Angabe der erzielten Kenndaten beschrieben.

DK 621.317.755 :587.87

VRÎNCEANU, R. :

Biologischer Oszilloskop.

Automatica şi electronica, 4 (1960) H. 2, S. 82—86

Nach einer kurzen Darlegung der Bedingungen, die an für bioelektrische Forschungen vorgesehene Kathodenstrahl-Oszilloskope gestellt werden, wird die Schaltung eines vom Verfasser gebauten biologischen Oszilloskops beschrieben.

LABORNOTEN

DK 621.374 : 621.387.426

MARTALOGU, N., MOLEA, M. u. SCÎNTEIE, N. :

Impulsformer für Impulse mit einer Dauer unter 10^{-7} s.

Automatica şi electronica, 4 (1960) H. 2, S. 87—88.

FÜR DEN JUNGEN INGENIEUR

DK 621.371

PÎRVU, A. :

Allgemeiner Überblick über die Nachrichtentheorie.

Automatica şi electronica, 4 (1960) H. 2, S. 89—91.

CHRONIK, S. 91—94.

BÜCHER, S. 94—96.

SOMMAIRE

CD 621–533.6 : 666

PAPADACHE, I. et SAPŞA, M. :

Automation de fours industriels (III)

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 2, p. 49–59.

On expose et on analyse les schémas d'automation des fours chauffés au gaz de l'industrie du ciment, de la chaux, des briques, de la porcelaine et du verre. On montre l'utilisation des machines à calculer dans ce domaine et en conclusion on donne des indications en vue d'un programme de perspective en ce qui regarde l'automation des fours industriels dans la R.P.R.

CD 621–52 : 661.56

SZEKELY, I. et IANCULESCU, GH. R. :

Automation de l'installation pour la fabrication de l'acide azotique

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 2, p. 59–65.

On traite des problemes fondamentaux du réglage automatique de l'installation pour la fabrication de l'acide azotique dilué, à la pression atmosphérique. On analyse le processus technologique et on indique le moyen de régler certains paramètres technologiques en vue d'optimaliser ce processus. On indique l'automation de chaque outillage du processus, ainsi que l'automation complexe de l'installation entière.

CD 621–53 : 621.38

HERŞCOVICI, H., CĂLUŞITĂ, M. et ŞERBAN, R. :

Tendances modernes dans la construction des régulateurs automatiques électroniques.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 2, p. 65–70.

On montre les avantages des régulateurs automatiques électroniques, leurs caractéristiques, l'état actuel dans la technique mondiale et on fait des propositions pour le choix de la tendance de développement de cette fabrication dans la R.P.R.

CD 681.142

ENDES, I., ILIUTĂ, C., FLORESCU, I., et STROE, I. :

Dispositif pour transformer les grandeurs continues en grandeurs discrètes.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 2, p. 71–77.

Après avoir indiqué les méthodes pour transformer les grandeurs continues dans les machines à chiffres, on expose la réalisation d'un dispositif destiné à servir comme dispositif de sortie dans une machine électronique analogique de calcul. Le principe adopté a été de tràns former la tension continue de la sortie de la machine en intervalle de temps et celui-ci en forme de chiffre. On insiste sur les erreurs introduites par ce dispositif et sur les méthodes de compensation.

CD 621.375.121.2

KORITZER, A. :

Étude et réalisation d'un amplificateur distribué.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 2, p. 77–82

On étudie le schéma de principe d'un amplificateur distribué et on decrit la réalisation d'un tel amplificateur, en indiquant les performances obtenues.

CD 621.317.755 :578. 087.87

VRÎNCEANU, R. :

Oscilloscope biologique.

Automtica şi electronica, 4 (1960) no. 2, p. 82–86

Après un exposé succinct de sconditions imposées aux oscilloscopes cathodiques destinés aux recherches bioélectriques, on décrit le schéma d'un oscilloscope biologique construit par l'auteur.

NOTES DE LABORATOIRE

CD 621.374 : 621.387.426

MARTALOGU, N., MOLEA, M. et SCÎNTEIE, N. :

Formateur d'impulsions ayant une durée en- dessous de 10^{-7} sec.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 2, p. 87–88.

POUR LE JEUNE INGÉNIEUR

CD 621.371

PÎRVU, A. :

Vue générale sur la théorie de l'information.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 2, p. 89–91.

CHRONIQUE, p. 91–94.

LIVRES, p. 94–96.

CONTENTS

DC 621–533.6 : 666

PAPADACHE, I. şi SAPŞA, M. :

The automation of industrial ovens (III).

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 2, p. 49–59.

Schemes are given and analyzed for the automation of natural gasheated ovens in the industries of cement, lime, bricks, porcelain and glass fabrication. The use of computers in this field is discussed; suggestions are given for a program concerning the automation of industrial ovens in our country.

DC 621–52 : 661.56

SZEKELY, I. and IANCULESCU, GH. R. :

The automation of a nitric acid fabrication process.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 2, p. 59–65.

One treats the basic problems of automatic regulation in the processing of diluted nitric acid at atmospheric pressure. The fabrication line is analysed, the method of regulation of some technological parameters in view of optimizing the process is indicated. A piece-by-piece, as well as a complex automation of the entire installation are considered.

DC 621–53 : 621.38

HERŞCOVICI, H., CĂLUŞITĂ, M. and ŞERBAN, R. :

Modern trends in the construction of automatic electronic regulators.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 2, p. 65–70.

A review of the advantages of automatic electronic regulators, their characteristics, the present state of the art throughout the world, is followed by proposals concerning the choice of development directions in the fabrication of this equipment in our country.

DC 681.142

ENDES, I., ILIUTĂ, C., FLORESCU, I. and STROE, I. :

A device for the transformation of continuous quantities in discrete ones.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 2, p. 71–77.

The methods used for such a transformation are described; the realization of a transducer intended to be used in the output of an analog computer is then discussed. The principle of tension-time interval and time interval ciphered writing was followed. A careful analysis is made of the errors introduced by this transformation and error compensating means are indicated.

DC 621.375.121.2

KORITZER, A. :

The study and realisation of a distributed amplifier.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 2, p. 77–S2

The basic circuit of the distributed amplifier is studied and the realisations of such an amplifier is described, indicating the performances which are obtained.

DC 621.317.755 :578.087.87

VRÎNCEANU, R. :

Biological oscilloscope.

Automatica şi electronica 4 (1960) no. 2, p. 82–86

After a brief exposure of the conditions which are imposed upon the cathodic oscilloscopes for the bioelectrical researches, the scheme of a biological oscilloscope constructed by the author is described.

LABORATORY NOTES

DC 621.374 : 621.387.426

MARTALOGU, N., MOLEA, M. and SCÎNTEIE, N. :

Generator of pulses under the 10^{-7} s range.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 2, p. 87–88.

FOR THE YOUNG ENGINEER

DC 621.371

PÎRVU, A. :

Outlook on information theory.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 2, p. 89–91.

CHRONICLE, p. 91–94.

BOOKS, p. 94–96.

INGINERI ŞI TEHNICIENI

Revistele tehnice de specialitate, elaborate de Asociaţia Ştiinţifică a Inginerilor şi Tehnicienilor, aduc la cunoştinţă cadrelor tehnice din producţie, învăţământ, cercetare şi proiectare, ultimele realizări obţinute în ştiinţele tehnice din ţară şi străinătate.

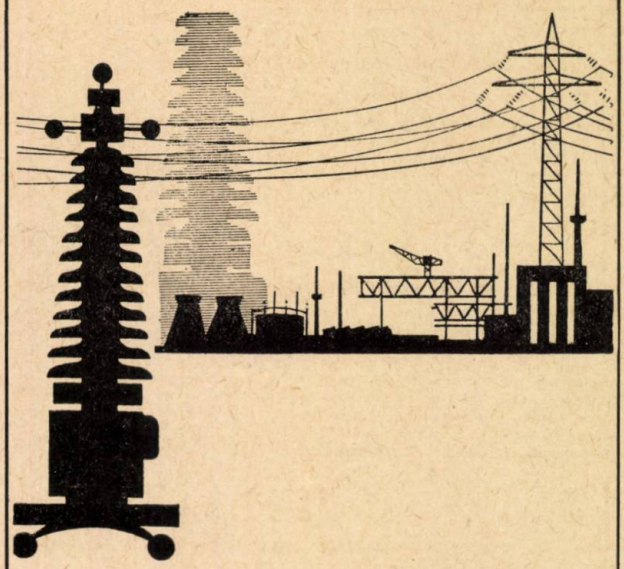
Apar:

AUTOMATICA ŞI ELECTRONICA
CELULOZĂ ŞI HIRTIE
ELECTROTEHNICA
ENERGETICA
HIDROTEHNICA
INDUSTRIA LEMNULUI
INDUSTRIA TEXTILĂ
INDUSTRIA UŞOARĂ
METALURGIA ŞI CONSTRUCŢIA DE MAŞINI
PETROL ŞI GAZE
REVISTA CONSTRUCŢIILOR ŞI A MATERIALELOR DE CONSTRUCŢII
REVISTA DE CHIMIE
REVISTA INDUSTRIA ALIMENTARĂ—PRODUSE ANIMALE
REVISTA INDUSTRIA ALIMENTARĂ—PRODUSE VEGETALE
REVISTA MINELOR
REVISTA PĂDURILOR
REVISTA TRANSPORTURILOR
TELECOMUNICAŢII

Un abonament anual pentru ingineri şi tehnicieni lei 30, pentru biblioteci, instituţii, cabinete tehnice etc. lei 100, prin cont virament nr. 070124 B.R.P.R.-Filiala I. V. Stalin.

Abonamentele se primesc la sediul Consiliului Central A.S.I.T.

Bucureşti — Calea Victoriei Nr. 118 — Raionul I. V. Stalin — Telefon 14-06-24.



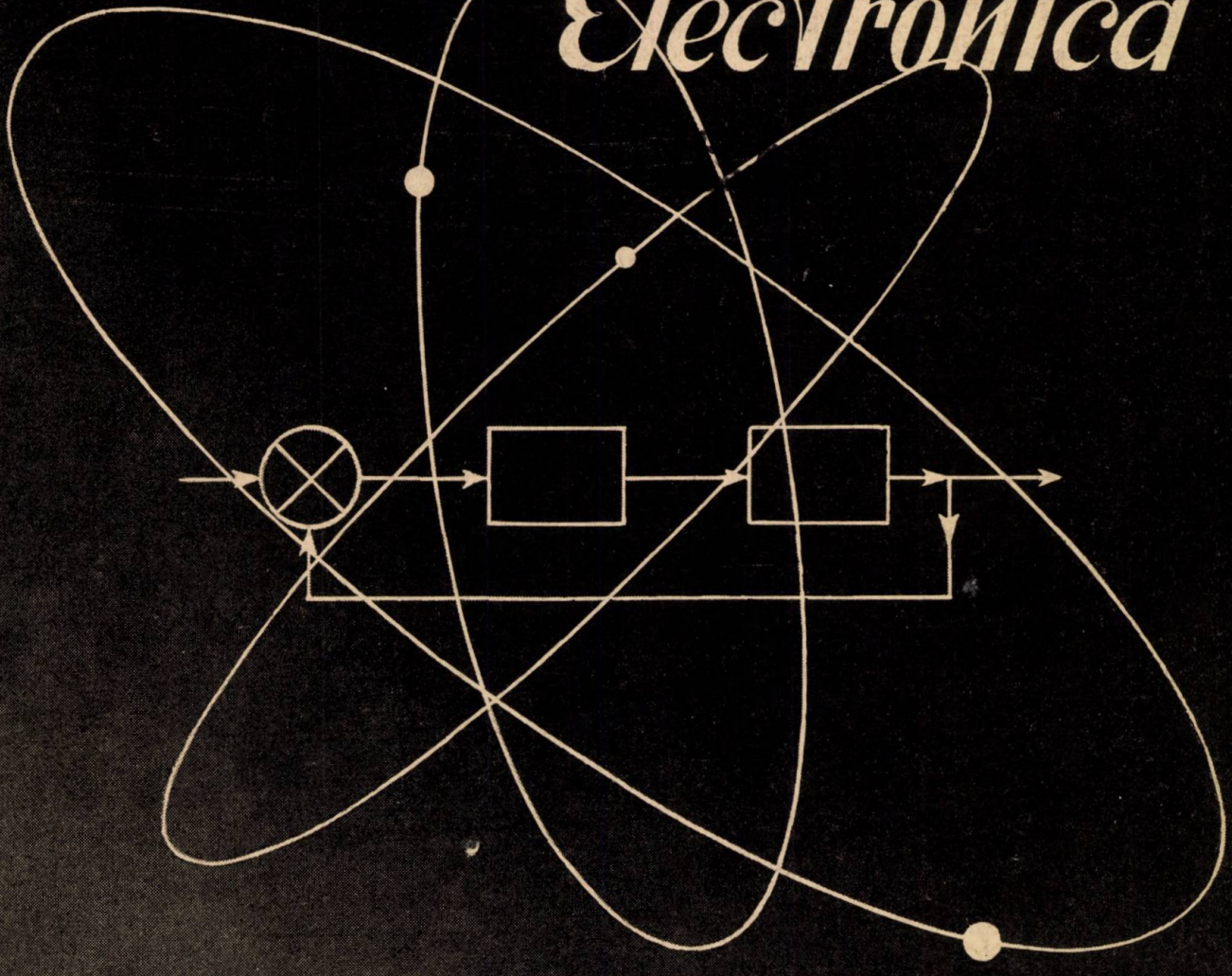
Tîrgul industrial de mostre german

HANOVRA

TOATE DOMENIILE DE PRODUCERE ŞI DE TRANSFORMARE A ELECTRICITĂŢII, DE DISTRIBUŢIE DE CURENT ŞI DE APLICARE A ENERGIEI ELECTRICE INCLUSIV ELECTRONICA

24 APRILIE — 3 MAI 1960

Automatica și Electronica



E 2551

VOL. 4
1960
Nr. 3
MAI
IUNIE
P. 97 — 140
BUCUREȘTI

Tematica generală a revistei Automatica și electronica

AUTOMATICA

1. Teoria reglării automate, sisteme liniare și neliniare, continue sau discontinue (articole originale).

2. Aplicații la teoria reglării automate. Exemple de calcul al diverselor instalații automate (articole originale).

3. Instalații automate realizate în R.P.R. (construcție, performanță, verificări experimentale) în diverse ramuri din industrie (articole originale).

4. Aparate (electrice, electronice și mecanice) utilizate în automatică (articole originale privind aparate construite în R.P.R. sau articole de informare privind aparate străine de importanță și utilizare consacrată).

5. Mașini de calcul electronice și aplicațiile lor în automatică (articole originale privind realizări indigene sau articole de sinteză și de informare).

6. Cibernetică tehnică, automatizări complexe, instalații automate combinate cu mașini electronice de calcul (articole de sinteză și informare sau originale cînd va fi posibil).

7. Probleme economice legate de automatizarea industrială în R.P.R.

ELECTRONICA INDUSTRIALĂ

1. Teoria circuitelor electronice cu aplicații industriale (articole originale privind cercetări teoretice noi asupra unor circuite cunoscute sau asupra unor circuite noi).

2. Metode noi în electronica industrială și electrofizică (articole de sinteză sau originale).

3. Teoria și aplicațiile tranzistoarelor și a circuitelor cu tranzistoare (articole de sinteză sau originale).

4. Teoria încălzirii inductive și dielectrice și aplicațiile ei (articole originale).

5. Aparate electronice de măsură și control construite în R.P.R. cu aplicații în diverse procese industriale.

6. Metode de fabricare în R.P.R. (sau cercetări) a materialelor sau a pieselor utilizate în electronică.

7. Generatoare electronice industriale construite în R.P.R. (construcție, performanță, verificări experimentale) (articole originale).

8. Aparate electronice medicale construite în R.P.R. (construcție, performanțe, verificări experimentale) (articole originale).

9. Aplicații diverse ale electronicii în procesele industriale (articole originale privind realizări în R.P.R. sau articole de sinteză).

10. Probleme economice legate de dezvoltarea electronicii industriale în R.P.R.

TEHNICA NUCLEARĂ (*articole de sinteză și informare sau originale cînd sînt legate de realizări în R.P.R.*).

1. Fizică nucleară aplicată.

2. Reactoare nucleare.

3. Acceleratoare de particule.

4. Instrumente electronice pentru măsurarea și detectarea radiațiilor nucleare.

5. Producerea și separarea izotopilor.

6. Utilizarea izotopilor radioactivi în industrie.

TEHNICA MĂSURĂTORILOR

1. Probleme generale legate de controlul și măsurarea în procesele industriale.

2. Aparate de măsură utilizate în controlul proceselor industriale. Articole de informare sau sinteză privind aparate sau metode noi străine, articole originale privind aparatura construită în țară.

Automatica și Electronica

Vol. 4 (1960) nr. 3 (mai—iunie), p. 97—140.

CUPRINS

CZ 621.314.7

TĂNĂSESCU, T. :

Semiconductoarele în tehnică

Automatica și electronica, 4 (1960) nr. 3, p. 97—108

Articolul prezintă proprietățile fundamentale ale semiconductoarelor și stadiul actual al folosirii acestora în tehnica dispozitivelor semiconductoare

---

CZ 621.315.7 :621.317.791

NICOLAU, EDM. :

Metode de măsurare a dispozitivelor semiconductoare

Automatica și electronica, 4 (1960) nr. 3, p. 109—114.

Se examinează problemele puse la măsurarea dispozitivelor semiconductoare, sintetizînd principalele metode, la nivelul tehnicii actuale.

CZ 621—52 : 681.14 (R)

PAPADACHE, I. :

Calculatorii în automatizări și perspectivele introducerii lor în industria noastră.

Automatica și electronica, 4 (1960) nr. 3, p. 115—121.

Se arată felurile caracteristice în care se introduc calculatorii pentru optimalizarea proceselor de producție, se descriu exemple de aplicare și rezultatele obținute sau așteptate. Industriile în care s-a găsit că este economică dotarea automatizărilor cu calculatori sînt acelea în dezvoltare mare și în R.P.R. Se propune un plan de lucru pentru acest domeniu.

CZ 681.142 : 621—52

POPOV, V. M. :

Contribuție la problema programării optime în cazul mașinilor de calculat analogice

Automatica și electronica, 4 (1960) nr. 3, p. 122—125.

Se studiază precizia rezolvării ecuațiilor diferențiale liniare, cu coeficienți constanți, cu ajutorul mașinilor analogice în scopul stabilirii condițiilor în care, eroarea comisă la rezolvarea unei probleme date cu o mașină dată, este minimă. Se stabilește un criteriu statistic pentru compararea calității diferitelor programări posibile ale aceleiași probleme. În continuare, particularizînd problema tratată, se stabilește programarea optimă dintr-o anumită familie de programări utilizate în aplicații. În cazul tratat, eroarea minimă se obține evitînd utilizarea potențiometrilor de cuplaj cu o bornă pusă la masă și alegînd coeficienții de transfer ai rețelelor de cuplaj, astfel încît tensiunile maxime (în modul) de la ieșirea tuturor amplificatorilor utilizați în calcul să fie egale cu unitatea de tensiune a mașinii.

CZ 621.374.32 : 621.387.4

POENARU, D. :

Integrator pentru măsurarea vitezei de numărare.

Automatica și electronica, 4 (1960) nr. 3, p.125—134.

Se sintetizează problemele teoretice și practice care apar la construirea aparatelor cu citire directă a vitezei de numărare. Se dă o metodă de proiectare a unui integrator cu diode și se descrie un aparat complet realizat de autor.

CZ 511.48 :.681.142

PÎRVU, A. :

Programare liniară

Automatica și electronica, 4 (1960) nr. 3, p. 135—138

DISCUȚII

CZ 621.371.38 (083.72)

IONESCU, G. :

Asupra terminologiei folosite în electronică.

Automatica și electronica, 4 (1960) nr. 2, p. 138—140.

Revista AUTOMATICA ŞI ELECTRONICA, organ al Asociaţiei Ştiinţifice a Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. Editor: Asociaţia Ştiinţifică a Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. Redacţia: Bucureşti, Str. Ion Ghica nr. 3, Raion Tudor Vladimirescu. Telefon: 14.15.95 şi 16.78.78. Administraţia şi casieria: Bucureşti, Calea Victoriei nr. 118, Raion I. V. Stalin. Telefon: 14.06.24. Redacţia îşi rezervă toate drepturile privind lucrările precum şi materialul grafic-ilustrativ apărut în revistă, cît şi cele privitoare la traducerea în limbi străine. Se admit extrase sau comentarii numai cu indicarea completă a sursei. Revista apare o dată la două luni. Abonamentele se primesc la administraţia revistei, la sediile filialelor şi subfilialelor ASIT din întreaga ţară precum şi la responsabilii cu presa din cercurile ASIT. Instituţiile şi întreprinderile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinete tehnice în contul nostru de virament: Publicaţiile tehnice ASIT 070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin. Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual; individual: lei 30 anual. Preţul unui exemplar: lei 5.

Tiparul: Întreprinderea Poligrafică nr. 2, Bucureşti.

Automatica și Electronica
REVISTĂ TEHNICO-ȘTIINȚIFICĂ DE AUTOMATICĂ, ELECTRONICĂ INDUSTRIALĂ ȘI TEHNICĂ NUCLEARĂ
ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.
Vol. IV (p. 97—140) Nr. 3, mai—iunie București, 1960

TUDOR TĂNĂSESCU*

Semiconductoarele în tehnică**

CZ 621.314.7

Proprietăți fundamentale

Promovarea tehnicii noi este o condiție strict necesară pentru dezvoltarea economiei naționale într-un stat socialist. Cînd vorbim azi de tehnică nouă, desigur că ne gîndim în primul rînd la două din principalele linii de aplicații pe care ni le oferă fizica modernă: utilizarea energiei atomice și utilizarea rezultatelor noi din electronică, cum sînt semiconductoarele.

În economia mondială, în ultimii 20 de ani, industria și transporturile au fost ajutate mult de mijloacele tehnice noi oferite de electronică. Electronica, prin viteza de răspuns ce o asigură comenzilor, rezolvă cele mai dificile probleme ale tehnicii. Pentru aceste aplicații s-au utilizat tuburile electronice, cu vid sau gaz rarefiat. Dar semiconductoarele încep azi să înlocuiască tuburile aproape în toate aparatele electronice. Semiconductoarele au astfel tendința să împînzească tehnica. În 15—20 de ani semiconductoarele vor fi întîlnite în toate aplicațiile și vor reprezenta elementul de bază în tehnica nouă; ele vor da soluții din ce în ce mai economice în producție. Într-adevăr, semiconductoarele nu numai că pot îndeplini funcțiuni noi, dar ele se impun atunci cînd înlocuiesc alte elemente, cum sînt tuburile electronice, prezentînd avantajul unui randament ridicat în semnalizare la puteri mici, cum și avantajele unei simplități de construcție, a unei vieți foarte lungi și a unei adaptări ușoare în diferitele probleme concrete pe care ele trebuie să le rezolve. Toate aceste avantaje conduc la un preț de cost mic și la condiții de întreținere ușoare și ieftine.

Dezvoltarea aplicațiilor semiconductoarelor este însă strîns legată de cercetarea științifică.

În istoria dezvoltării semiconductoarelor se știe că efectele lor curioase au fost încă de mult observate de diverși cercetători. Amintim în primul rînd pe profesorul romîn I. ATANASIU, care încă acum 25 de ani a publicat rezultatele studiilor sale cu privire la fotocelule cu semiconductoare de tip fotorezistiv și fotovoltaic. Explicarea fenomenelor era încă neclară pe bazele teoretice ale fizicii din acea vreme. Acum 20 de ani fizicianul sovietic BORIS DAVÎDOV, fizicianul german W. SCHOTTKY și fizicianul englez N. F. MOTT au făcut ipoteza găurilor în semiconductoare, pentru a explica procesul de redresare a celulei cu oxid de cupru. O clarificare mai științifică a problemelor dificile ridicate de către semiconductoare s-a făcut abia în ultimii 12 ani.

În anul 1948 W. H. BRATTAIN, un experimentator tehnic remarcabil, împreună cu J. BARDEEN, un teoretician consacrat, au descoperit tranzistorul, un element electronic amplificator, bazat pe semiconductoare. Ei au arătat cum printr-un curent care trece de la un contact metalic pe un cristal de germaniu se poate influența un curent invers care se stabilește alături pe cristal, printr-un contact similar. Acest fenomen a fost interpretat ca o injecție de purtători minoritari de curent, de la metal spre germaniu. Purtătorii minoritari erau colectați de contactul vecin și de aici au venit denumirile de „emițător" și de „colector", pentru cele două contacte, cum și denumirea de „bază" pentru germaniu.

Aceste fenomene au fost interpretate corect de W. SCHOCKLEY, care doi ani mai tîrziu, cu geniul său creativ, a elaborat o nouă teorie de conducție în semiconductoare de tip germaniu bazată pe noțiunea nouă de densitate a purtătorilor minoritari în afara densității de echilibru și pe noțiunea de timp de viață a acestor purtători. Mai mult, el a studiat teoretic și a propus joncțiunea redresoare p-n, cu un contact superficial în loc de contactul punctiform, cum și tranzistorul cu două joncțiuni p-n. După

---

* Prof. dr. ing. T. TĂNĂSESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R., este șeful catedrei de tuburi electronice și tehnică nucleară a Institutului Politehnic București.

** Referat introductiv la Consfătuirea *„Semiconductoarele și aplicațiile lor"*, ținută la 9—11 decembrie 1959, în cadrul Academiei R.P.R.

cîteva luni, experienţele au confirmat aceste rezultate teoretice şi s-au construit noi tipuri de diode şi tranzistoare semiconductoare. De atunci interesul pentru semiconductoare a crescut şi s-a extins, obţinîndu-se an de an progrese rapide.

Tabela 1

Corpul solid în circuite

Procese electrice	Transformări energetice
A. Procese de conducţie	*A.* Mecanice-Electrice
1. În metale	1. Efect piezoelectric
2. În superconductoare	2. Electrostricţiune
3. În semiconductoare	3. Magnetostricţiune
— termistoare	4. Efect de întindere
— diode şi tranzistoare	*B.* Calorice-Electrice
— giratori prin efect Hall	1. Efect ohmic
4. Fotoconductoare	2. Termoelectricitate
B. Fenomene dielectrice	— generare de electricitate
1. Dielectrici normali	— pompă de căldură
2. Fero-electricitate	*C.* Radiaţii-Electricitate
— electreţi	1. Efect fotovoltaic
— modulatoare	2. Electroluminiscenţă
— dispozitive pentru memorii	3. Procese de recombinare
C. Comportări magnetice	4. Bombardări cu particule
1. Metale magnetice	— raze X
2. Ferite	— catodoluminiscenţă
— dispozitive pentru memorii	
— giratori	
3. Rezonanţă de spin, maseri	

Domeniile de aplicare a proprietăţilor semiconductoarelor şi mai general ale proprietăţilor corpului solid, sînt foarte largi. Ele sînt rezumate în tabela 1, unde sînt menţionate implicaţiile speciale ale corpului solid în circuitele electrice, arătîndu-se procesele şi transformările energetice. În această largă dezvoltare a semiconductoarelor mai este cazul a menţiona aici puternica şcoală sovietică de cercetători — şcoala de la Leningrad — condusă de acad. A. V. Ioffe care, în special în ultimii zece ani, pe de o parte a dezvoltat numeroase studii teoretice privind conducţia semiconductoarelor şi, pe de altă parte, a arătat formele de aplicare a acestor studii în diferite dispozitive semiconductoare utile în ştiinţă şi tehnică.

Dezvoltarea semiconductoarelor după 1948 n-ar fi fost posibilă, dacă la acea dată nu s-ar fi cunoscut metode tehnologice sigure de formare a cristalului pur de germaniu, de obţinere a lui în aşa numita stare de conducţie intrinsecă; aceste metode fuseseră puse la punct cu patru ani mai devreme. Totuşi crearea dispozitivelor semiconductoare, cunoscute azi, se poate spune că a întîrziat, cu toate eforturile de cercetare făcute pretutindeni. În primul rînd erau slabe cunoştinţele noastre de fizică, asupra stării suprafeţelor semiconductoarelor. În ce priveşte cunoştinţele noastre despre starea fizică a suprafeţei semiconductoarelor, trebuie să recunoaştem că încă şi azi au rămas deschise numeroase probleme pentru fizicieni şi chimişti, care mai au de clarificat fenomenele care însoţesc dislocările din reţele cristaline.

Apoi au fost dificultăţi tehnologice nu numai de introducere în producţie a metodelor de purificare a germaniului şi siliciului, dar şi a metodelor de impurificare controlată a acestor semiconductoare. Metodele tehnologice au trebuit să fie treptat perfecţionate, aşa încît să se lucreze pe cît posibil automat, fără intervenţia omului. Au fost dificultăţi în măsurarea gradului de puritate a cristalelor, o caracteristică foarte importantă în comportarea lor ca semiconductoare. Această puritate, pentru semiconductoarele în stare intrinsecă, trebuie să fie de ordinul o parte în 10^9. Au trebuit să se facă studii speciale care au durat ani, spre a găsi metoda de a aprecia grade de impurificare atît de mici.

Înţelegerea fenomenelor fizice observate experimental la semiconductoare necesită utilizarea cunoştinţelor de fizică avansată. La prima vedere, procesele par simple.

Trecerea curentului în semiconductoare se explică ca şi la tuburile electronice prin deplasarea ordonată în sensul cîmpului electric al electronilor liberi. Ciocnirea acestora, în reţeaua cristalină, cu centrele cu impurităţi, precum efecte de agitaţie termică, fac să resimţim rezistenţa electrică a semiconductoarelor. Legea lui Ohm de la metale nu se mai aplică însă la semiconductoare, la tensiuni mai mari. La metale, în timpul agitaţiei termice electronii se deplasau astfel încît energia lor cinetică medie era egală cu energia Fermi, care se ştie că este de cîţiva electroni volţi. Viteza de deplasare ordonată a electronilor în cîmp electric este mică în raport cu viteza medie de agitaţie termică. În cazul semiconductoarelor intrinseci, viteza electronilor liberi în mişcarea lor de agitaţie termică este astfel încît energia lor cinetică medie este egală cu 3/2 kT, la fel ca la gaze; la temperatura camerei această energie este numai de ordinul 3,5 sutimi de electron volt. Deci la semiconductoare, viteza de agitaţie a electronilor liberi va fi mică în raport cu viteza pe care le-o va imprima cîmpul electric, deci invers ca la metale.

În semiconductoare electronii în cîmp vor deveni fierbinţi, cu atît mai fierbinţi cu cît cîmpul electric este mai mare.

Dar între viteză şi cîmp, deci între curent şi tensiune, nu se menţine o proporţionalitate din cauză că electronii sînt înfrînaţi de cuplajul lor cu reţeaua, care creşte pe măsura creşterii vitezei. La germaniu de pildă, pentru un cîmp electric de 10 V/cm începe să resimtă în mod serios o saturaţie a vitezei, a curentului. Iată că la semiconductoare procesele fizice se complică şi nici chiar legea lui Ohm nu o mai putem folosi.

Mecanica clasică care se aplică în cazul proceselor din tuburile electronice nu ne mai ajută

aici. De pildă, dacă calculăm cîmpul produs de un nucleu monovalent la distanţa nucleului vecin găsim $1{,}4 \times 10^9$ V/cm. Deci forţa corespunzătoare aplicată electronului într-un semiconductor este foarte mare în raport cu forţa aplicată electronului din tuburi. Mişcarea electronilor în corpuri solide, în special difracţia lor şi efectul Hall, nu mai sînt explicabile prin mecanica clasică. Se ştie că există azi în literatură trei metode de a trata teoretic problemele fizice de conducţie în semiconductoare. Prima metodă, bazată în parte pe elemente de fizică clasică, face apel la noţiunile de electroni, găuri, legături de valenţă şi altele. O a doua metodă recurge la mecanica cuantică, care introduce teoria zonală, unde electronii de valenţă sînt supuşi acţiunii potenţialului electric determinat de nucleele cristalului. SCHOCKLEY a utilizat în cartea sa o a treia metodă, între primele două, utilizînd noţiunea de fonon, ca particulă care intră în ciocnire cu electronul.

Pentru ingineri prima metodă este cea mai indicată, însă ea dă o imagine clară numai pentru fenomenele legate de procesul redresării. Unele aspecte mai complexe ale diodelor şi tranzistoarelor nu pot fi însă explicate riguros ştiinţific fără noţiuni de mecanică cuantică, din teoria zonală. Totuşi inginerii se pot mulţumi cu scheletul teoretic elaborat de SCHOCKLEY care înlătură unele din contrazicerile care apar din teoria clasică electromagnetică.

Este foarte util să reuşim a găsi un model unitar, pentru a prezenta atît procesele fizice de conducţie în semiconductoare, cît şi procesele fizice de trecere a curenţilor prin vid şi gaze întîlnite în tuburile electronice. Aceasta, atît pentru a uşura introducerea semiconductoarelor în cercurile inginerilor care pînă acum au lucrat cu tuburi electronice, cît şi pentru a avea o bază de comparaţie şi a distinge mai clar cînd dispozitivul semiconductor este superior tubului. În tabela 2 se arată comparativ procesele din semiconductoare puse şi cele din tuburile electronice. Se arată că dacă la tuburile cu vid purtătorii sînt electronii, la semiconductoarele pure purtătorii sînt perechile electron-gaură. Pentru ca să nu intrăm într-un regim de ionizări prin avalanşe, la tuburile cu vid trebuie să avem un vid suficient de coborît;

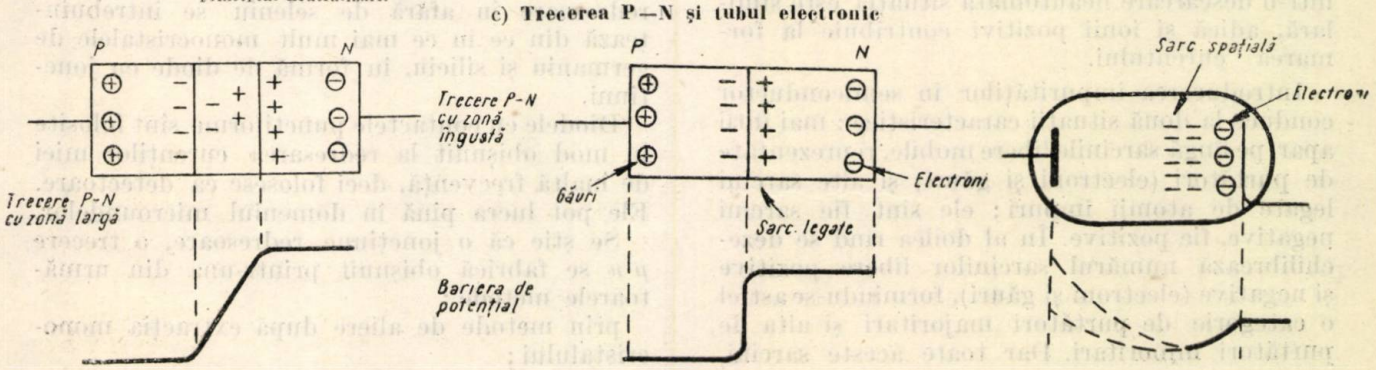
a) **Semiconductoare pure şi tuburi electronice** Tabela 2

	purtători	dens. curent	Condiţii de conducţie intrinsecă ($A = 10^{-15}$/cm²) L	N	teoretic	practic	Notaţie
Tub electronic cu vid	electroni	$q\mu_- n$	30 cm	molecule 3×10^{13}/cm³	presiune 10^{-3} mm Hg	10^{-6} mm Hg	q sarcina elementară μ mobilitatea n,p densităţile electronilor şi găurilor
Tub electronic cu gaz (fără avalanşe)	electroni + ioni	$q\mu_- n + q\mu_+ p$		impurităţi	proporţie impurităţi		A secţiunea eficace a moleculelor la ciocniri L drumul mediu între două ciocniri
Semiconductoare pure	electroni + găuri $n = p = n_i$	$q\mu_- n_i + q\mu_+ n_i$	1 mm	10^{16}/cm³	$\frac{10^{16}}{10^{23}} = 10^{-7}$	10^{-10}	N densitatea moleculelor obstacol în ciocniri n_i densitatea purtătorilor în conducţia intrinsecă $n_i = 2{,}5.10^{13}$/cm³ Ge $1{,}5.10^{10}$/cm³ Si

b) **Semiconductoare impure şi tuburi electronice**

	sarc. fixe	purtători	mobilitate	viteza purtătoarelor	caracteristica I–U	U_T	Notaţie
Tub electronic			$\mu_- \cong 3 \times 10^6$	$\sim 6 \times 10^8$ cm/s	$I = I_0 e^{\frac{U}{U_T}}$ (pt. u)	~ 60 m V	I curentul rezultat U tensiunea aplicată $U_T = \frac{KT}{q}$ I_0 curentul la $U = O$ I_s curentul invers de saturaţie
Semiconductoare tip N	+	$n > p$					
Impurificat tip P	−	$p > n$	$\mu_- \cong 2 \times 10^3$ (Si)	6×10^6 cm/s	$I = I_s\left(e^{\frac{U}{U_T}} - 1\right)$	26 m V	
	principiul neutralizării		$np = n_i^2$				

c) **Trecerea P–N şi tubul electronic**



pentru o secţiune eficace de ciocnire $A = 10^{-15}$ cm^2 a moleculelor de gaz rămase în tub, se obţine o distanţă medie între două ciocniri de 30 cm numai dacă densitatea moleculelor se reduce la 3×10^{13}/cm^3, ceea ce corespunde la o presiune de 10^{-3} mm Hg. În practică se ia în tuburile electronice o presiune de 1 000 ori mai mică, de 10^{-6} mm Hg, pentru a asigura electronilor un drum liber fără ciocniri între electrozii tubului.

În cazul semiconductoarelor avem o condiţie similară, însă de altă natură. Aşa cum la tuburile electronice nu putem ajunge la un vid absolut, tot aşa nici la semiconductoare nu putem ajunge la o puritate absolută a substanţei lor, care puritate determină în cea mai mare măsură conducţia în semiconductor. Impurităţile în semiconductor determină ciocniri ale purtătorilor şi recombinarea electronilor cu găurile. Astfel, la o aceeaşi secţiune eficace de ciocnire ca mai sus de $A = 10^{-15}$ cm^2, este necesară o densitate numai de 10^{16}/cm^3 a impurităţilor, pentru a asigura un drum liber de 1 mm pentru purtători. Aceasta reprezintă o proporţie de impurităţi de 10^{-7}, socotind 10^{23}/cm^3 densitatea purtătorilor. În practică se impun pentru semiconductoare pure proporţii de impurităţi de ordinul 10^{-10} pentru a asigura condiţiile unei conducţii intrinseci. Se ştie că într-o conducţie intrinsecă, numărul purtătorilor negativi (electroni) este practic egal cu numărul purtătorilor pozitivi (găuri). Densitatea acestor purtători într-un semiconductor pur este funcţie de natura semiconductorului şi de temperatura la care lucrează :

$$n_i = n_0 \, e^{-\frac{b}{T}}$$

Cînd temperatura scade spre zero absolut, n_i de asemenea scade spre zero, ceea ce nu se întîmplă la metale. Conducţia la semiconductoare depinde de temperatură ; creşte cu ea deoarece creşte numărul de perechi de purtători. Mai este de observat că pe cînd la tubul electronic cu vid curentul este format numai din electroni, la semiconductor în curent contribuie atît electronii cît şi găurile. Este drept că la tubul cu gaz, atunci cînd se produc ionizări, într-o descărcare neautomată situaţia este similară, adică şi ionii pozitivi contribuie la formarea curentului.

Introducerea impurităţilor în semiconductor conduce la două situaţii caracteristice : mai întîi apar pe lîngă sarcinile libere mobile, reprezentate de purtători (electroni şi găuri) şi alte sarcini legate de atomii impuri ; ele sînt fie sarcini negative, fie pozitive. În al doilea rînd se dezechilibrează numărul sarcinilor libere pozitive şi negative (electroni şi găuri), formîndu-se astfel o categorie de purtători majoritari şi alta de purtători minoritari. Dar toate aceste sarcini, mobile sau fixe în reţea, ascultă în regim staţionar de principiul neutralizării, adică într-un volum dat, suma tuturor sarcinilor este nulă. Dacă impurităţile sînt de acelaşi fel, sarcinile fixe care apar sînt toate de acelaşi fel ; avem astfel semiconductoare impurificate de tip N, cu purtători majoritari electroni şi cu sarcini pozitive legate de reţea, sau semiconductoare de tip P cu purtători majoritari găuri şi cu sarcini negative legate de reţea.

Densităţile purtătorilor majoritari şi minoritari sînt limitate de recombinarea acestor purtători şi verifică legea $np = n_i^2$.

Ansamblul a două semiconductoare de tip diferit, printr-o joncţiune superficială, formează o trecere, de pildă de tip $P-N$. În jurul suprafeţei de contact se formează o zonă de trecere, în care rămîn numai sarcinile elementare legate de reţelele celor două porţiuni ; datorită lor se formează o barieră de potenţial. Zona poate fi lărgită dacă la elaborarea fiecăreia din cele două porţiuni de semiconductor s-a dozat o proporţie mai mică de impurităţi în apropierea suprafeţei care va forma joncţiunea. O asemenea trecere are o barieră de potenţial cu pantă, la fel ca variaţia potenţialului într-un tub electronic între catod şi sarcina spaţială. În această regiune, eventualii purtători sînt antrenaţi (minoritarii) sau frînaţi (majoritarii) de un cîmp electric determinat de sarcinile legate în reţea pe lăţimea trecerii. Înaintarea frontului purtătorilor majoritari în această zonă depinde şi de cîmpul imprimat printr-o tensiune aplicată din exterior. Lăţimea zonei de trecere depinde şi de această tensiune.

Trecerea curenţilor prin gaze şi trecerea curenţilor prin corpul solid are astfel analogii strînse care îndreptăţesc a include ambele categorii de dispozitive într-o singură categorie, aceea a aparatelor electronice. Bariera de potenţial intervine în diodele semiconductoare, utilizate în practică pentru redresare şi detecţie. Aceste diode au fost construite la început sub forma elementelor redresoare cu seleniu, cu oxid de cupru sau cu sulfuri. Întrebuinţarea germaniului la început acum zece ani, ca detector de înaltă frecvenţă, a atras atenţia cercetătorilor asupra posibilităţii utilizării lui şi ca redresor. Azi, pentru fabricarea elementelor redresoare în afară de seleniu se întrebuinţează din ce în ce mai mult monocristalele de germaniu şi siliciu, în formă de diode cu joncţiuni.

Diodele cu contactele punctiforme sînt folosite în mod obişnuit la redresarea curenţilor mici de înaltă frecvenţă, deci folosesc ca detectoare. Ele pot lucra pînă în domeniul microundelor.

Se ştie că o joncţiune redresoare, o trecere p-n se fabrică obişnuit printr-una din următoarele metode :

prin metode de aliere după extracţia monocristalului ;

prin tiraj, introducînd impurităţi în monocristal în timpul creşterii lui, în special pentru siliciu ;

prin difuzie, după extragerea monocristalului, introducîndu-se sau extrăgîndu-se impurităţile la suprafaţă prin condensare sau evaporare, sau variind densitatea lor în interior prin topire şi solidificare, după metode speciale.

Ultimele metode prin difuzie sînt cele mai noi şi ele prezintă cele mai multe avantaje.

În aplicaţiile de redresare, diodele fabricate azi trec din domeniul puterilor mici, la domeniul puterilor mari, caracterizîndu-se prin tensiuni inverse , care se ridică pînă la 1 000 V şi curenţi redresaţi pînă la cîteva sute de amperi. Pentru a se putea ridica tensiunea inversă, uneori se intercalează în joncţiune o pătură izolatoare, cu conducţie intrinsecă, realizîndu-se o trecere p i n. Pentru a ridica curentul redresat este nevoie de a se răci dioda, aşa încît germaniul să nu se încălzească peste 55—60°C, iar siliciul peste 150°C. Aceasta se realizează prevăzînd aripioare de răcire la puteri medii, şi la puteri mari adaptîndu-se o răcire forţată cu aer pentru siliciu şi cu apă pentru germaniu.

Diodele semiconductoare se mai utilizează pentru efectul lor Zener, adică drept stabilizatoare, limitatoare de tensiune, lucrînd pe ramura de curent invers, unde la o tensiune limitată se produce o largă conducţie prin avalanşe.

O aplicaţie recentă a diodelor semiconductoare se bazează pe faptul că echivalenta capacitate pe care ele o prezintă în domeniul de oprire a conducţiei, depinde de tensiunea inversă de putere ; de pildă, se construiesc asemenea redresoare pentru instalaţii electrochimice şi chiar şi pentru locomotive electrice.

Tranzistoarele reprezintă azi cea mai largă aplicaţie a semiconductoarelor.

În ce priveşte teoria proceselor din tranzistoare, privite ca elemente electronice de control al curentului, se poate dezvolta o teorie unitară care îmbrăţişează atît tranzistoarele cît şi tuburile electronice. Se poate arăta astfel, că mecanismul de control al tuturor acestor dispozitive electronice este un mecanism de control prin sarcină electrică. La toate aceste dispozitive sarcina de control introdusă la intrare pune, în interior, în mişcare spre colector, o sarcină aproape egală. Pentru a justifica acest principiu să urmărim procesele fizice care au loc în trei asemenea dispozitive : tranzistorul unipolar, tranzistorul bipolar şi trioda cu vid ; ele sînt concretizate în fig. 1.

În tranzistorul unipolar imaginat de SCHOCKELY unde presupunem că trecerea curentului pe care îl controlăm are loc într-un canal semiconductor de tip N, avem o acţiune prin cîmp electric din partea semiconductorului de tip P înconjurător. O tensiune modulatoare u, aplicată la intrare, adică între semiconductorul P şi cel N, face ca zonele de trecere care conturează canalul să se lărgească sau să se îngusteze prin golirea sau umplerea acestor spaţii cu purtători găuri din pătură. Prin aceasta se modifică conductanţa canalului şi deci se controlează curentul în canal format de aici din purtători majoritari. Sarcina care se deplasează

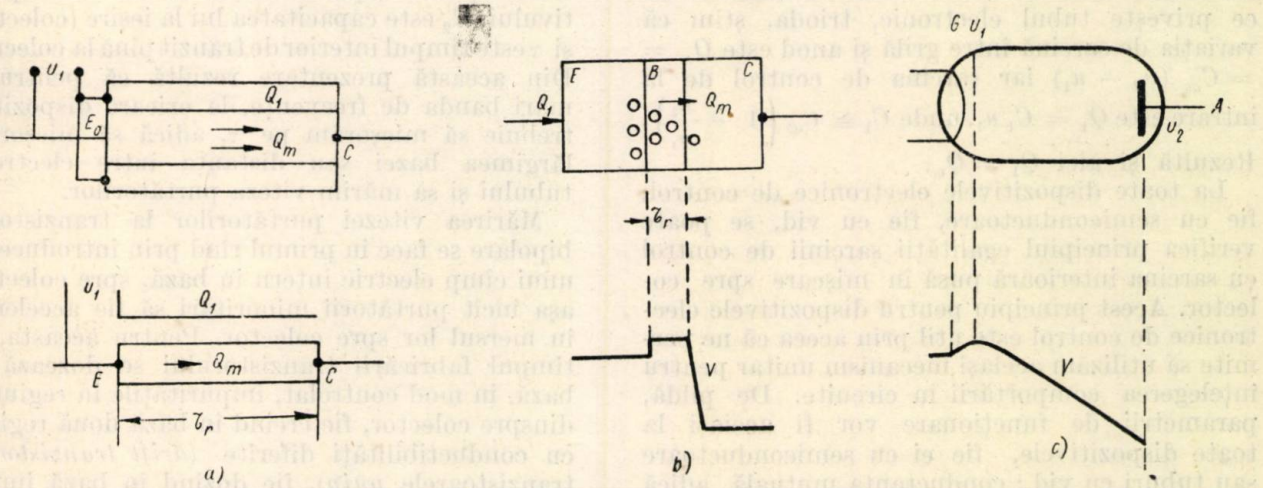


Fig. 1. Procesele fizice în dispozitive electronice la care controlul curentului se face prin sarcina electrică : *a* — tranzistorul unipolar ; *b* — tranzistorul bipolar ; *c* — trioda cu vid.

aplicată ; dioda aceasta poate deci fi folosită ca o capacitate variabilă într-un modulator de frecvenţă sau într-un amplificator parametric. Se ştie că un asemenea amplificator paramagnetic se caracterizează printr-un zgomot propriu redus.

Elementele diode semiconductoare se introduc azi, în principal, pe scară largă în redresoarele

în canale modulează şi plusul sau minusul de sarcină apare prin acţiunea cîmpului electric transversal între pătura P şi canal. Pe această cale se face un schimb alternativ de sarcini — la paritate — între cele două pături P şi N. Deci sarcina de control Q_1 introdusă de noi în P va determina o modulaţie aproape egală pentru sarcina de canal. Dacă notăm cu Q_n

surplusul sau minusul de sarcină în deplasare spre colector, vom putea scrie simplu

$$Q_1 = Q_m$$

ceea ce verifică principiul enunțat.

La fel la tranzistorul bipolar, de pildă *PNP*, emiterul injectează găuri în bază. Aceste găuri forțează bariera de potențial, pătrund în bază și călătoresc sub formă de purtători minoritari spre colector. În mod obișnuit, găurile călătoresc în baza tendinței lor de difuzie. În cazul tranzistoarelor cu împingere (*drift transistors*), impurificarea bazei este variabilă continuu de-a lungul traseului emițător-colector, așa încît se creează o pantă continuă pentru curba de potențial, deci se creează un cîmp de antrenare spre colector a purtătorilor injectați de emiter. În modul acesta se realizează pentru purtători viteze mai mari.

În oricare din aceste cazuri sarcina modulatoare de control de la intrare Q_1 pătrunde în bază spre colector și determină o modulație de aceeași valoare Q_m pentru sarcina care se deplasează în bază. Deci și la acest dispozitiv se poate spune cu destulă aproximație $Q_1 = Q_m$.

Bineînțeles că pe lîngă procesul fizic considerat mai sus mai sînt și alte procese de care nu s-a ținut seama. De pildă, nu s-a luat în considerare în bază decît sarcina purtătorilor minoritari și de asemenea nu s-a ținut seama de recombinarea perechilor electron-gaură. Pentru a trasa o teorie unitară a dispozitivelor electronice este însă suficient a lua la început în considerare numai fenomenul de bază, procesele secundare dînd numai o mică modificare. În ce privește tubul electronic, trioda, știm că variația de sarcină între grilă și anod este $Q_m = C_{ag}(u_2 - u_1)$ iar sarcina de control de la intrare este $Q_1 = C_1 u_1$, unde $C_1 \cong C_{ag}\left(1 - \frac{u_2}{u_1}\right)$. Rezultă și aici $Q_1 = Q_m$.

La toate dispozitivele electronice de control, fie cu semiconductoare, fie cu vid, se poate verifica principiul egalității sarcinii de control cu sarcina interioară pusă în mișcare spre colector. Acest principiu pentru dispozitivele electronice de control este util prin aceea că ne permite să utilizăm același mecanism unitar pentru înțelegerea comportării în circuite. De pildă, parametrii de funcționare vor fi aceiași la toate dispozitivele, fie ei cu semiconductoare sau tuburi cu vid : conductanța mutuală, adică panta S, amplificarea în curent A_i, amplificarea în tensiune A_u, amplificarea în putere A_p produsul cîștig bandă $A_u f_M$, frecvența maximă a benzii de trecere f_M etc.

Pe aceste baze vom putea judeca pe o bază unitară care dispozitiv este mai eficace în capacitatea de transmitere a informațiilor, în posibilitatea de a-și reduce volumul, consumul, sau de a-și ridica randamentul. De pildă să vedem cum acest principiu unitar ajută în a privi comparativ dispozitivele electronice, în funcționarea lor la frecvențe înalte, cînd ne apropiem de frecvența limită. Obișnuit avem dificultăți în două locuri : mai întîi la intrare, pentru a reuși să facem ca toată sarcina de control introdusă să devină eficace în control și pe de altă parte, în interior, ca tranzitul excesului de sarcină circulînd spre ieșire să ajungă în timp acolo.

Prima dificultate își are origina, la semiconductoare, în timpul de viață al purtătorilor minoritari, care nu rămîne destul de scurt față de perioada oscilațiilor lui Q_1, la frecvențe foarte înalte. A doua dificultate apare din cauza timpului de tranzit τ a purtătorilor în interiorul dispozitivului, de la punctul de control la colector. Acest timp trebuie să rămînă mic în raport cu perioada oscilațiilor lui Q_1. Pentru toate dispozitivele electronice se pot, pe baza principiului de control al sarcinii, stabili expresii unice pentru parametrii de funcționare, la limita superioară a frecvenței de lucru. Astfel, frecvența limită f_M este practic egală cu inversul timpului de tranzit τ ; procesele din circuitul de ieșire sînt în general mai critice decît cele de la intrare.

Pentru ceilalți parametri avem expresiile generale :

$$S = \frac{C_1}{\tau}\ ;\ A_i = \frac{1}{\omega\tau}\ ;\ A_u = \frac{C_1}{C_2}\frac{1}{\omega\tau}\ ;$$

$$A_p = \frac{1}{(\omega\tau)^2}\frac{C_1}{C_2}\ ;\ A_u f_M = \frac{C_1}{C_2}\frac{1}{2\pi\tau}$$

unde C_1 este capacitatea de intrare a dispozitivului, C_2 este capacitatea lui la ieșire (colector) și τ este timpul interior de tranzit pînă la colector. Din această prezentare rezultă că pentru a mări banda de frecvențe, la oricare dispozitiv, trebuie să micșorăm pe τ, adică să micșorăm lărgimea bazei sau distanța între electrozii tubului și să mărim viteza purtătorilor.

Mărirea vitezei purtătorilor la tranzistoare bipolare se face în primul rînd prin introducerea unui cîmp electric intern în bază, spre colector, așa încît purtătorii minoritari să fie accelerați în mersul lor spre colector. Pentru aceasta, în timpul fabricării tranzistorului se dozează în bază, în mod controlat, impuritățile în regiunea dinspre colector, fie creînd în bază două regiuni cu conductibilități diferite (*drift tranzistor* și tranzistoarele *pnip*), fie dozînd în bază impuritățile cu o densitate continuu variabilă. Astfel se creează un tranzistor cu un cîmp de împingere a purtătorilor minoritari spre colector, dozînd degradat impuritățile în bază, cu densitate mare la emiter și mai mică spre colector. În mod ideal, curba de distribuție a impurităților ar trebui să fie exponențială, așa cum se încearcă a se realiza în tranzistoarele de tip *madt* (micro-alloy-diffusion transistor).

In Ge și Si vitezele purtătorilor nu pot crește așa de mult ca în vid, unde sînt de aproximativ

100 de ori mai mari. Este drept că distanța între electrozi se poate micșora la semiconductoare pînă la 10^{-3} cm ; în modul acesta se ajunge cu f_M la circa 1 000 MHz și chiar mai mult.

În domeniul tuburilor electronice se știe încă de mult că produsul cîștig bandă este cu atît mai mare cu cît densitatea curentului electronic este mai mare. Acest criteriu putem să arătăm că este echivalent cu concluziile aplicării la tuburi a principiului controlului prin sarcină. Aceste concluzii spuneau că produsul cîștig bandă este cu atît mai mare cu cît timpul de tranzit este mai mic. Timp de tranzit mic la tuburi înseamnă distanța mică grilă-catod pentru accelerare mare a electronilor ; aceasta mai înseamnă perveanță mare, deci densitate mare de curent electronic.

În formulele de mai sus se vede că panta și amplificarea în tensiune și putere cresc cu capacitatea de intrare. Trebuie să precizăm aici că prin C_1 se înțelege capacitatea activă în procesul de control, în cuplajul dintre intrare și circuitul controlat și nu cuprinde capacitatea parazită între electrodul de intrare și pămînt. Pentru a mări pe C_1 trebuie ca să aducem sarcina de control în cît mai mare apropiere de sarcina deplasată spre colector. Aceasta se face în tranzistorul bipolar, unde cele două sarcini sînt separate numai prin joncțiune, practic prin distanța de difuzie a purtătorilor (găurilor). C_1 se confundă atunci cu capacitatea de difuzie a tranzistorului. La intrare, paralel cu C_1 există obișnuit și o rezistență R_1. Funcționarea la frecvențe înalte este limitată de cea mai mare dintre constantele de timp : C_1R_1 sau C_2R_2, unde R_2 este obișnuit sarcina la ieșire. O utilizare optimă a etajului pentru realizarea unei anumite benzi de trecere se obține cînd $C_1R_1 = C_2R_2 = 2\pi f_M$. Cum C_1 și C_2 rezultă din construcția dispozitivului, trebuie aleși în consecință R_1 și R_2. În relațiile de mai sus nu s-a ținut seama de o eventuală multiplicare de purtători prin efecte de ciocnire și avalanșe în semiconductoare. Amplificările în curent și tensiune ale tranzistorului trebuie înmulțite în acest caz cu factorul intern de multiplicare.

Din considerațiile de mai sus se mai vede că dispozitivele electronice se pot împărți în două clase, după cum în procesul de conducție spre colector are sau nu importanță timpul de viață al minoritarilor și mobilitățile lor. În tranzistoare unipolare, în tuburi și în spasistorii tetrodă nu intervin aceste fenomene secundare, întrucît conducția se face spre colector prin purtători majoritari. În ele deci realizîndu-se o mobilitate ridicată, timpul de tranzit se poate coborî și deci se poate ridica f_M dacă constanta de timp a circuitului de intrare o permite.

În tranzistorul bipolar, cu toate că intervin fenomenele secundare amintite mai sus, care coboară pe R_1 și μ, totuși prin valoarea mare a lui C_1 se realizează mari pante și amplificări de tensiune.

Pe baza mecanismului unitar sub care am privit mai sus toate dispozitivele electronice, mai putem trage o concluzie în ce privește puterea necesară la fiecare dintre ele, pentru a transmite o informație unitară. Indicele acesta este recomandabil să fie cît mai mic. El se poate lua aproximativ egal cu puterea i_2u_2 la ieșire către produsul cîștig bandă. Utilizînd formulele de mai sus pentru tranzistorul bipolar se găsește acest indice de circa zece ori mai mare decît pentru tranzistorul monopolar sau pentru un tub, ceea ce arată buna eficiență energetică a tranzistorului bipolar în transmisia comunicațiilor.

Toate aceste considerații teoretice asupra semiconductoarelor au fost utilizate în practică și semiconductoarele și-au găsit numeroase aplicații.

Dispozitive semiconductoare

În practica circuitelor, tranzistorul este tipul remarcabil de dispozitiv semiconductor. Tipul mai vechi de tranzistor, acel cu vîrfuri (contacte punctiforme) se utilizează azi numai la

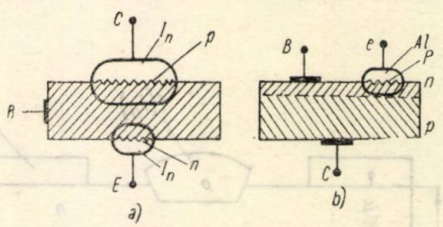


Fig. 2. Tipuri obișnuite de tranzistoare cu joncțiuni :

a — tip prin aliere ; *b* — tipul bază prin difuzie (pătura foarte subțire *n* depusă prin difuzie pe un disc *p*) emiterul format prin aliere (Al).

frecvențe foarte înalte, în toate celelalte cazuri utilizîndu-se tipul cu joncțiuni (fig. 2). La început s-au utilizat tranzistoarele în amplificarea frecvențelor muzicale și se credea că

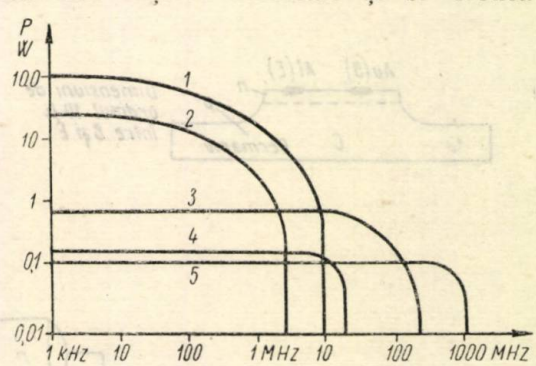


Fig. 3. Puterile și frecvențele atinse de diferitele tipuri de tranzistoare :

1 — Si difuzie ; *2* — Ge aliaj ; *3* — Si bază prin difuzie ; *4* — cu vîrfuri, tr. și si prin aliaj ; *5* — Ge bază prin difuzie.

tranzistoarele nu vor putea fi utile în domeniul frecvențelor înalte și la puteri mari.

În fig. 3 se arată ce puteri și frecvențe se pot atinge cu diferite tipuri de tranzistoare ; este

de importanţă aici atît tipul de construcţie cît şi materialul din care este confecţionat tranzistorul. În ce priveşte puterea maximă, ea este în legătură cu temperatura T_M pe care o poate suporta semiconductorul; se ştie că

Tabela 3

Proprietăţile semiconductoarelor

$$T_m \propto E \; f_M \sqrt{\frac{\mu_- \; \mu_+}{K}}$$

Semiconductorul	E	μ_-	μ_+
Si	1,1	1 500	500
Ge	0,7	3 900	1 900
InSb	0,18	65 000	1 000
GaAs	1,35	>5 000	>400
SiC	2,8	>100	
$AgTlTe_2$	0,1	—	
$CuInSe_2$	0,9	~1 000	
$CuAlSe_2$	2,5	—	
Cinantron	0,2	10^{-8}	
Indantracen	0,66	10^{-12}	
Antracen	1,64	10^{-2}	

ea este proporţională cu energia E corespunzînd diferenţei nivelelor benzii interzise. În ce priveşte frecvenţa maximă transmisă f_M, am văzut că ea depinde atît de lăţimea benzii, cît şi de mobilitatea purtătorilor. În tabela 3 se dă, pentru diferite tipuri de semiconductoare, valori pentru energia benzii interzise şi mobilitatea purtătorilor. Astăzi se încearcă din ce în ce mai mult utilizarea în tranzistoare şi a altor semiconductoare, în afară de Ge şi Si, care au caracteristici mai favorabile.

Micşorarea lăţimii bazei în construcţia miniatură, gradarea continuă a impurităţilor în bază spre a crea un gradient accelerator pentru purtătorii injectaţi şi alte măsuri, au contribuit la micşorarea timpului de tranzit al purtătorilor spre colector şi deci la mărirea frecvenţei limită de lucru.

În ultimii trei ani au apărut astfel de tipuri noi, drift tranzistor, tranzistoare *p-n-i-p*, tranzistor mesa, tranzistor MADT, tehnetron şi spasistor (fig. 4); cu aceste tipuri se măreşte banda de frecvenţă în care pot lucra tranzistoarele,

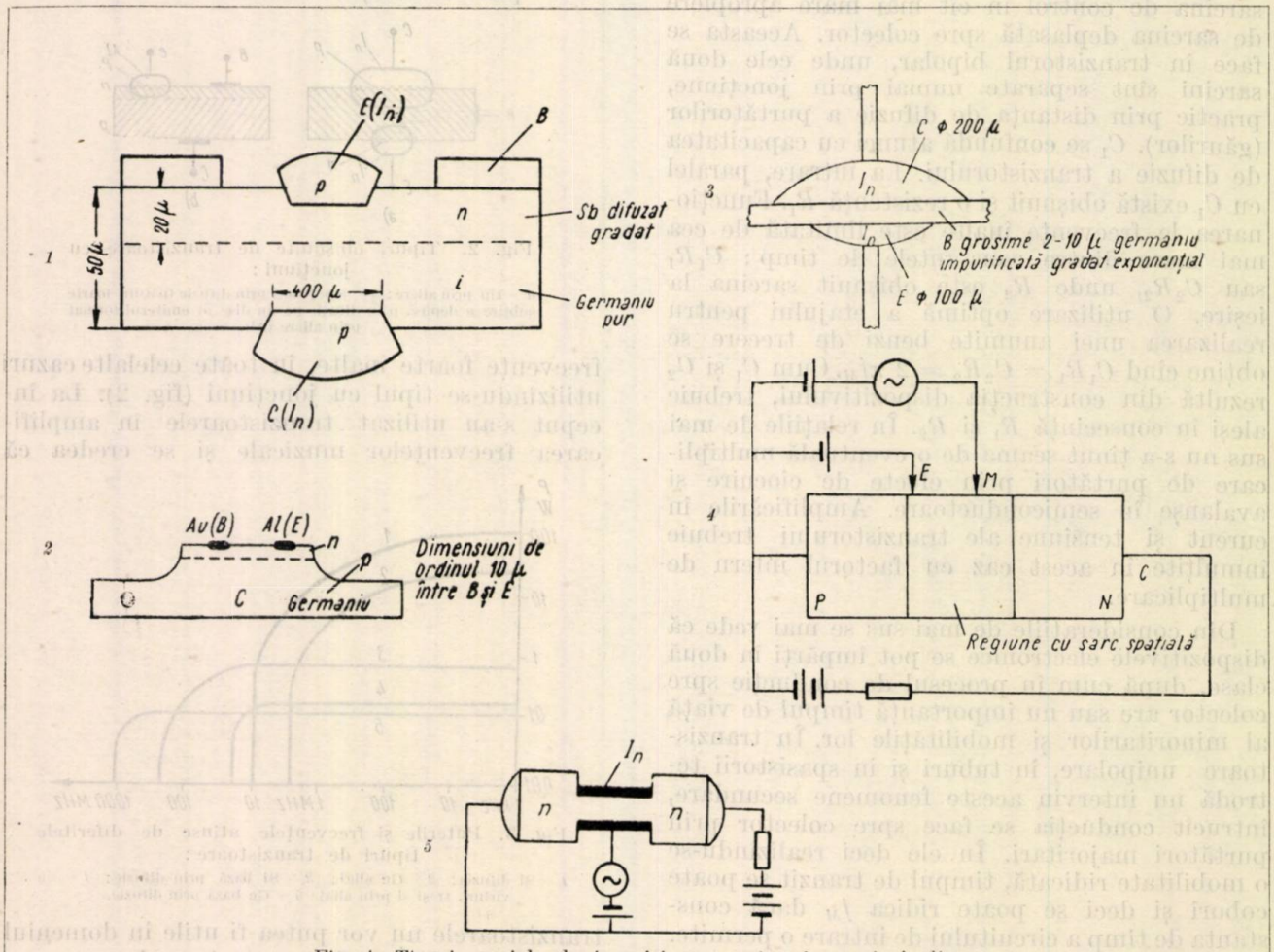


Fig. 4. Tipuri speciale de tranzistoare pentru frecvenţe înalte.

1 — tranzistor prip; *2* — Mesa; *3* — MADT; *4* — spasistor tetrodă; *5* — tehnetron.

pînă la 10 000 MHz (lungime de undă 3 cm). Astfel, treptat tranzistoarele pătrund în circuitele de televiziune şi radar. De asemenea, de la puteri limită de 10 W s-a trecut azi la puteri de ordinul kW-ului; tranzistoarele încep să apară astfel în posturile de emisie.

În modul acesta producţia anuală de tranzistoare a ajuns în 1959 de circa 150 milioane bucăţi pe întreg globul pămîntesc; la aceasta trebuie să se mai adauge producţia de circa 200 milioane diode semiconductoare. Producţia de diode şi tranzistoare a ajuns azi la o treime din valoarea producţiei de tuburi electronice. Se prevede ca în anul 1965 producţia de tranzistoare să egaleze în valoare pe cea de tuburi. Astfel, aceste tranzistoare sînt în curs să invadeze circuitele electronice, înlocuind tuburile electronice în amplificatoare, radioreceptoare, mici emiţătoare, maşini electronice de calcul, circuite de releu, în acţionările din automatică şi altele. De fapt această înlocuire nu se face simplu, înlocuind în montaj tubul prin tranzistor. Tranzistorul, cu toate că poate realiza tot atît de corect funcţiunile pe care le îndeplineşte tubul, cere însă o alimentare diferită, cu tensiuni mai reduse, cu polarităţi schimbate, cu circuite pasive, prezentînd alte impedanţe şi multe alte considerente care fac ca aparatele şi circuitele cu tranzistoare să fie complet diferite de cele cu tuburi. În introducerea tranzistoarelor se recomandă totuşi metode bazate pe analogii, cu circuitele conţinînd tuburi. Trebuie remarcat în această privinţă că, totuşi, majoritatea autorilor adoptă alte baze de calcul al circuitelor cu tranzistoare decît cele utilizate în calculul circuitelor cu tuburi, ceea ce derutează pe inginerii electronişti, obişnuiţi cu tuburile. Şi în acest domeniu se poate totuşi elabora o metodă unitară de calcul, atît pentru amplificatoarele cu tranzistoare, cît şi pentru amplificatoarele cu tuburi. O asemenea metodă am indicat-o acum cinci ani şi o rezumăm mai jos.

Calculul amplificatorului cu tuburi în circuitul de ieşire se rezolvă uşor, atunci cînd se dă panta tubului S şi rezistenţa lui internă R_i. Aceeaşi metodă de calcul se poate aplica şi la tranzistoare, dacă am cunoaşte panta lui echivalentă şi rezistenţa lui internă echivalentă. Relaţiile în care intervin ar fi :

$$\Delta i_2 = S\,\Delta u_1 + \frac{\Delta u_2}{R_i}.$$

Se vede că $S = \frac{\partial i_2}{\partial u_1}$ pentru $u_2 = \text{const}$ şi $\frac{1}{R_i} = \frac{\partial i_2}{\partial u_2}$ pentru $u_1 = \text{const}$. Pentru circuitul de intrare se poate scrie o relaţie similară

$$\Delta i_1 = -\frac{S}{\alpha}\Delta u_1 + h\,\Delta u_2$$

unde α şi h sînt factorul de amplificare în curent $\left(\alpha = -\frac{\partial i_2}{\partial i_1} \text{ pentru } u_2 = \text{const.}\right)$ şi factorul de reacţie $\left(h = \frac{\partial i_1}{\partial u_2} \text{ pentru } u_1 = \text{const}\right)$.

S, R_i, α şi h se pot exprima în raport cu ceilalţi parametri cunoscuţi ai tranzistorului, grupa r, grupa h. De pildă se va putea scrie

$$S = \frac{h_{21}}{h_{11}} \qquad \frac{1}{R_i} = h_{22} - h_{21}\frac{h_{12}}{h_{11}}$$

$$\alpha = -h_{21} \qquad h = -\frac{h_{12}}{h_{11}}.$$

În cazul unei scheme cu emiterul la masă, notăm cu S', R_i', β şi h' parametrii corespunzători şi găsim următoarele relaţii de transformare :

$$S' = -S - \frac{1}{R_i} \cong -S \qquad R_i' = R_i$$

$$\frac{1}{\beta} \cong -\frac{1-\alpha}{\alpha} \qquad h' = -\frac{1}{R_i} - h.$$

Pentru schema cu colectorul la masă se obţine :

$$S'' = \frac{S}{\alpha} - h \cong \frac{S}{\alpha} \qquad R_i'' = -\frac{\alpha}{S}$$

$$\frac{1}{\gamma} \cong 1 - \alpha \qquad h'' = S\left(\frac{1}{\alpha} - 1\right).$$

Pentru S se obţin la tranzistoare valori de circa zece ori mai mari decît la tuburi, iar pentru R_i valori comparabile cu cele de la tuburi. În modul acesta, cunoscînd pe S şi R_i, problemele din circuitul de ieşire se rezolvă repede pe aceeaşi cale ca la tuburi.

Pentru circuitul de intrare se poate considera în primă aproximaţie ca rezistenţă de intrare, raportul $-\frac{\alpha}{S}\left(\text{sau } -\frac{\beta}{S'} \text{ sau } -\frac{\gamma}{S''}\right)$. În mod exact avem ca valoare a inversului acestei rezistenţe $-\frac{S}{\alpha} + hA_u$, A_u fiind amplificarea în tensiune calculată din relaţia anterioară a circuitului de ieşire.

Se vede deci cum calculul cu tranzistoare se reduce la calculul obişnuit de la tuburi, pe baza pantei şi rezistenţei interne. Aceasta uşurează introducerea tranzistoarelor de către inginerii electronişti atunci cînd aceştia au o formaţie în domeniul tuburilor electronice.

Asistăm azi la o tranzistorizare a aparatelor electronice, operaţie care dă mult de lucru inginerului electronician. Electronica circuitelor este astfel azi în plină evoluţie datorită introducerii tranzistoarelor şi diodelor. Dar nu trebuie să ne închipuim că tranzistoarele simplifică întotdeauna circuitele. De pildă, un receptor de televiziune, care are azi 14 tuburi, poate fi

înlocuit cu un receptor similar, care are un număr de aproape trei ori mai mare de dispozitive semiconductoare (tranzistoare și diode). Tranzistorizarea este încă la început și se fac eforturi pentru simplificarea circuitelor.

Un exemplu de reducere a volumului și simplificare a circuitelor îl avem în unele studii care se fac pentru elaborarea unor aparate bazate pe noi elemente logice cu siliciu, care au fiecare un volum de un sfert de milimetru cubic. Ele pot fi asamblate direct în scheme logice, fără ajutorul altor componente.

Un asemenea aparat în formă de cub, cu latura de 10 cm ar putea cuprinde 3 milioane de asemenea elemente cu siliciu. Este de prevăzut că mașinile electronice de calcul își vor micșora considerabil volumul. Deocamdată, un element de siliciu care se introduce larg în mașinile electronice de calcul și în aparatura de comunicații la distanță este dioda amplificator parametric. Ea funcționează foarte bine ca element rapid de comutație și devine din ce în ce mai ieftină.

Un alt exemplu mai actual de reducere a volumului aparatului îl avem în cazul unui aparat electronic de detecție pe teren, a pieselor metalice. Un asemenea aparat tranzistorizat are forma unui cilindru de 10 cm lungime și 2 cm diametru, conținînd trei tranzistoare, din care unul oscilator și ceilalți doi formînd un circuit basculant.

Pentru funcțiunea de întrerupere a curentului s-a mai creat trisistorul, un tranzistor *p-n-p*, în care colectorul are și funcțiunea de emiter, putînd injecta electroni în bază; el lucrează ca tiratronul. Este compact și urmează să se aplice pe scară largă în circuitele de comutație.

În tehnică se mai utilizează și alte dispozitive semiconductoare în afară de tranzistor. Vom trece în revistă dispozitivele care utilizează efectul Hall, termistoarele, celulele fotoelectrice și pilele termoelectrice. În mai toate aceste cazuri se pot utiliza fie dispozitive formate dintr-un semiconductor omogen, fie dintr-o trecere *p-n*.

Se știe că efectul Hall constă din modificarea echipotențialelor unui conductor sau semiconductor străbătut de curent, atunci cînd el este plasat într-un cîmp magnetic. Tensiunea electromotoare transversală care apare este proporțională cu intensitatea cîmpului magnetic și cu intensitatea curentului din conductor; ea este invers proporțională cu grosimea conductorului. Tensiunea mai depinde de semiconductorul întrebuințat prin constanta lui Hall care intervine în această formulă.

Pentru utilizarea în practică în măsurători a acestui efect s-a utilizat ca semiconductor SbIn și AsIn. Cu ele se obțin tensiuni de cîteva sute de milivolți, care sînt puțin influențate de temperatura mediului.

Aplicațiile principale ale efectului Hall se întîlnesc în realizarea dispozitivelor multiplicatoare în mașinile de calcul (pe baza faptului că tensiunea generală este proporțională cu cîmpul magnetic și curentul electric); efectul lui Hall se mai aplică în realizarea dispozitivelor de măsură a cîmpului magnetic, sau de control al tensiunii, sau curentului electric prin cîmp magnetic. De asemenea, se poate realiza un dispozitiv similar de control al tensiunii electromotore prin variația curentului electric.

O aplicație interesantă a efectului Hall la mașini electrice este posibilitatea de a măsura static, printr-o plăcuță semiconductoare, variația cuplului motor ($B \times I$), în funcție de sarcină; se poate realiza pe această bază și un traductor cuplu-tensiune, pentru a-l introduce într-un reglaj automat al cuplului. Astfel, tensiunea generatoare prin efect Hall își are aplicații în elemente traductoare de măsură și în mașini analoage de calcul, lucrînd cu tranzistoare.

Un alt dispozitiv semiconductor este termistorul care utilizează schimbarea rezistenței lui electrice atunci cînd temperatura se modifică. De obicei rezultă o variație negativă cu temperatura, adică rezistența scade cînd temperatura crește. În realizarea acestor elemente, rezistența lor se reglează prin adăugarea de litiu, iar coeficientul de temperatură prin amestecul de cristale de oxizi.

Coeficienți negativi de temperatură de valori mari s-au găsit la SbIn. Sînt cazuri cînd la semiconductoare se obțin și coeficienți pozitivi cu temperatura, de pildă la SePb sau la sistemele titanat de Ba-Sr. Cu acest ultim sistem se obține aproape un întreruptor de curent cu variația temperaturii, deoarece rezistivitatea la 75°C este de 500 Ω cm pe cînd la 150°C este de 10^6 Ω cm.

Semiconductoarele stau și la baza construcției fotocelulelor. În primul rînd în celulele fotoconductive, în care radiația luminoasă schimbă rezistivitatea și deci se modifică curentul care trece prin semiconductor. Ele se întrebuințează în special în detecția radiațiilor infraroșii, datorită sensibilității mari pe care o au aceste celule în domeniul acesta.

Se fac azi studii pentru micșorarea inerției care este un mare inconvenient în răspunsul celulelor fotoconductive. Se știe că datorită sensibilității acestor detectoare, prezența radiației omului se poate observa chiar cînd acesta se găsește la zeci de metri de detector. Cu ajutorul razelor infraroșii azi se construiesc cu succes diferite sisteme de locație a obiectelor, atunci cînd ele au o temperatură diferită de temperatura mediului ambiant. Se mai construiesc fotospectrometre sensibile în infraroșii pentru analiza chimică a unor substanțe, prin metode nedistructive.

În special este vorba de spectrografia moleculară a substanțelor organice; radiațiile infraroșii sînt absorbite selectiv de rezonanța nucleară și observarea spectrului indică frecvențele caracteristice absorbite. Datorită celulelor fotoelectrice cu semiconductoare, această observare a spectrului se poate automatiza. Astfel se utilizează celulele cu SPb și celule fotoconductive cu SePb sau TePb. Se obțin sensibilități de ordinul 10^{-11} W/cm² energie căzînd pe suprafața fotoactivă.

Celule mai puțin sensibile însă neselective sînt pilele termoelectrice, care lucrează pe lungimi de undă și mai mari de 5μ, utilizînd compuși de S, Se, Te cu Ag, Cu, Ca și Bs.

Apoi mai sînt fotodiodele în care curentul invers slab care parcurge o trecere *p-n* este modulat prin intensitatea radiației aplicate pe trecere. Aceste fotodiode au un răspuns de ordinul microsecundei și se întrebuințează cu succes de pildă la citirea automată a cartelelor perforate în aparatele destinate automatizării lucrărilor de birou.

În sfîrșit, mai sînt celule fotovoltaice în care, la trecerea *p-n*, radiațiile luminoase creează perechi electron-găuri, care se separă prin diferența de potențial de contact. Din această clasă fac parte celulele de siliciu utilizate în bateriile solare instalate pe sateliți artificiali și rachete. Ele transformă energia termică direct în energie electrică cu randamente de ordinul 10%. Asemenea baterii se instalează azi pe stîlpi pentru alimentarea instalațiilor telefonice rurale de amplificare, sau în aparatele de radioreceptie portative. Ele s-au instalat și pe aparate fotografice pentru a regla automat diafragma, ținînd seama de timpul de expunere fixat și de sensibilitatea filmului.

Mai este de menționat fototranzistorul, un tranzistor în care injecția de purtători minoritari din emiter nu se face direct prin fluxul de electroni primit din exterior; aici un flux de fotoni izbește emiterul și din acesta, în interior, se scot electronii care merg prin bază spre colector. Prin amplificarea asigurată de tranzistor apar 3—4 purtători de fiecare foton sosit pe emiter. Se știe că la fotocatode este nevoie de 10—15 fotoni pentru un electron emis.

Mai sînt de amintit aplicațiile efectului termoelectric la semiconductoare. La cuplul termoelectric realizat cu semiconductoare, randamentul este mult mai mare decît cel realizat cu conductoare. Randamentul de transformare a energiei termice în energie electrică atinge 7% atunci cînd se utilizează semiconductoare. De pildă, în U.R.S.S., prof. Ioffe a realizat baterii termoelectrice, adaptabile la lămpi cu petrol, pentru a se produce tensiunile de alimentare a unui aparat de radioreceptie; aceasta este o soluție pentru a introduce radioul la țară, acolo unde nu sînt încă rețele electrice. Ele utilizează ca pilă termoelectrică, cuple stibiu-zinc cu constantan. Azi se mai încearcă la automobile înlocuirea acumulatoarelor printr-o pilă termoelectrică care să ia căldura de la motorul vehiculului.

Semiconductoarele au mai făcut posibilă utilizarea efectului Peltier în unele aplicații tehnice. Se știe că într-un circuit electric cu suduri formate din semiconductoare, la suduri se produce o tensiune electromotoare de contact prin care se transferă căldură în energie electrică. Sensul de transfer depinde de sensul acestei tensiuni electromotoare și de sensul curentului injectat din exterior. Astfel, unele suduri vor absorbi din mediu căldură și altele o vor ceda. Fenomenul cedării căldurii în exterior, de către circuitul electric ni se pare natural. Cu fenomenul invers nu sîntem obișnuiți. Totuși, încă de mult — în anul 1838 — Lenz, membru al Academiei de Științe din Rusia, îngheța picături de apă la unele joncțiuni de circuite electric.

Profesorul Ioffe cu colectivul său de cercetători a elaborat, în ultimii ani, un răcitor electric casnic, bazat pe această proprietate a joncțiunilor electrice formate din semiconductoare. De pildă, s-a utilizat un cuplu format pe o parte din soluție solidă de TePb și SePb și altă parte din bismut, stibiu și telur. Cu el se realizează la temperatura mediului de 25—30°C o diferență de temperatură pînă la 50°C. Așezarea elementelor în peretele răcitor și modul de atașare al radiatoarelor a necesitat studii laborioase rezolvate împreună cu inginerii din fabrica de răcitoare din Leningrad. Avantajul principal al acestor răcitoare este că au o viață practic infinită, deoarece n-au piese mobile.

Pe aceste baze s-au mai construit microrăcitoare, necesare în diferite scopuri tehnice și științifice. Astfel ele încep să se utilizeze pentru realizarea temperaturii coborîte în unele aparate de fizică, cum este cazul la fotocatodele tuburilor electronice multiplicatoare, la vasele de transport a preparatelor biologice, la tăierea secțiunilor de țesuturi vii cu ajutorul microtomului, la măsurarea umidității atmosferei în scopuri meteorologice, la capcanele de vid în care se condensează vaporii de ulei. Cu aceste dispozitive de răcire se reușește ca pentru 140 W consumați de la rețeaua electrică să se transporte 80 W căldură de la izvorul rece la cel cald. Acest transport se poate face și prin grupe motor-compresor, dar în această soluție intervine nevoia de supraveghere a grupului și cheltuielile de uzură ale lui.

Azi se studiază realizarea pompei de căldură prin semiconductoare, așa încît iarna să se poată ușor încălzi locuințele, iar vara să se poată răci în interior locuințele. Se estimează că iarna va fi nevoie de o energie electrică de

2—3 ori mai mică decît cea necesară, dacă s-ar încălzi direct cu electricitate.

Tot cu aceste dispozitive se speră să se poată direct transforma în viitor energia calorică dată de reactoarele nucleare şi de izotopi, în energie electrică. Centralele atomo-electrice vor fi astfel statice şi cu o uşoară întreţinere.

Dar se pune aici întrebarea dacă radiaţiile alfa, beta şi gamma, care apar în reacţiile nucleare, nu s-ar putea şi ele transforma direct în energie electrică, cu ajutorul semiconductoarelor? Este vorba de a realiza pile radioactive. Poloniul, prin emisia lui alfa, dă în semiconductoare perechi de purtători de energie, însă penetraţia acestor raze este slabă. În plus această iradiaţie deteriorează repede reţeaua cristalină, care are ca efect favorizarea recombinării purtătorilor liberi, în punctele deteriorate ale reţelei. Razele gamma au o penetraţie profundă, însă nu sînt utilizate decît pentru puteri mari. Razele beta sînt mai uşor de utilizat, dar şi ele deteriorează reţeaua, dacă energia lor întrece circa 0,5 MeV. S-au construit astfel pile cu stronţiu (90), care bombardează siliciul sau germaniul. Curenţii produşi sînt însă foarte mici, de ordinul 0,1 mA/cm^2, cu randament de ordinul 1 %.

Mai este interesantă iradiaţia semiconductoarelor, atunci cînd ea serveşte la detecţia particulelor în studiile experimentale de fizică nucleară. Unele dispozitive, similare cu fototranzistoare, permit detecţia radiaţiilor care cad pe o trecere *p-n*, datorită multiplicării de ordinul 1 000 a electronilor care apar în semiconductor prin acţiunea fotoelectrică.

Se mai ştie că semiconductoarele permit înmagazinarea energiei sub formă electrică şi magnetică. Materialele segneto-electrice piezoelectrice, magneto-strictive şi feritele permit reducerea de cîteva sute de ori a volumului în care se înmagazinează energia. Aceste materiale permit să se transforme direct energia mecanică sonoră în energie electrică sau magnetică. Credem că aceste proprietăţi nu sînt încă suficient utilizate azi de tehnică.

Mai amintim aici că materialele luminofore şi electroluminiscente fac parte din clasa semiconductoarelor. Viitorul va arăta în curînd utilitatea materialelor electroluminiscente în luminatul interior al clădirilor. În curînd camerele noastre vor fi ilumintate de plăci electroluminiscente instalate pe pereţi.

Semiconductoarele şi-au găsit aplicaţie în tensometrie, cristalele de germaniu şi siliciu înlocuiesc elementele tensiometrice rezistive formate din fir de nichel crom, realizînd sensibilităţi de 40 ori mai mari. Aceste noi traductoare au avantajul că pot măsura şi tensiuni alternative pînă la frecvenţe foarte înalte. Mai au avantajul că pot lucra la temperaturi mari, pînă la peste 1 000°C. Ele pot măsura nu numai tensiuni, dar şi cupluri. Sînt foarte utile pentru măsura eforturilor la încercarea avioanelor şi rachetelor.

Unele tipuri de traductoare cu cristale semiconductoare sînt construite în formă de tranzistoare şi dau o indicaţie amplificată, citibilă direct pe un milivoltmetru, deci fără să mai necesite altă aparatură de măsură şi amplificare.

În sfîrşit, menţionez cercetările actuale privind crearea de materiale refractare rezistente, cu ajutorul semiconductoarelor. Aici teoria corpului solid arată avantajele de a utiliza semiconductoarele prin elaborarea unui material tare şi rezistent la temperaturi înalte.

Toate ramurile tehnicii resimt din ce în ce mai mult nevoia de a utiliza proprietăţile remarcabile ale semiconductoarelor. Într-adevăr ele simplifică rezolvarea problemelor şi dau deseori soluţii acolo unde nu era posibilă o altă cale. Nevoile ţării noastre care este în plin progres economic, ne impun sarcini concrete în privinţa introducerii şi perfecţionării metodelor bazate pe semiconductoare.

Putem spune că în a doua jumătate a secolului nostru, pîrghiile principale în străduinţele de a instaura belşug în viaţa omului se bazează pe aplicaţiile fizicii atomice şi pe aplicaţiile semiconductoarelor.

BIBLIOGRAFIE

. ' . : *Proceedings of the Institute of Radio Engineers*, June, 1958.

SOMINSKI, S. M. : *Semiconductoare şi aplicaţiile lor tehnice*. Ed. Tehnică, Bucureşti, 1959.

NEKLEDOV, D. N. : *Semiconductoare*. Moscova, 1959.

IOFFE, F. A. : *Posibilităţile şi perspectivele semiconductoarelor*. Leningrad, 1957.

BROIDE, M. A. : *Tuburi electronice şi dispozitive semiconductoare*. Moscova, 1958.

. ' . : Elektrotechnische Zeitschrift (A). august, 1959.

BONHOMME, M. : *Semiconductoarele şi industria*. Electronique industrielle, sept.-oct., 1959.

LANTIERI, J.: *Diferite tipuri de tranzistoare pentru înaltă frecvenţă*. Electronique, sept., 1959.

EDMOND NICOLAU*

Metode de măsurare a dispozitivelor semiconductoare

CZ 621.314.7 :621.317.391

Dezvoltarea la noi în ţară a industriei producătoare de dispozitive semiconductoare pune problema însuşirii şi perfecţionării metodelor de măsurare a acestor dispozitive. Scopul prezentului articol este de a prezenta cîteva din principalele metode de măsurare a diodelor şi triodelor semiconductoare.

Spre deosebire de tuburile electronice, la care în mod curent este suficientă o încercare rapidă la catometru — prin care se constată numai dacă tubul are sau nu curentul anodic nominal — la dispozitivele semiconductoare sînt necesare, în general, mai multe măsurări.

Actualmente se dezvoltă din ce în ce mai mult aparaturi complete de măsurare a semiconductoarelor, cu funcţionare automată. De asemenea, se observă o tendinţă tot mai accentuată de a se prefera încercările dinamice celor statice.

Încercarea diodelor

Cea mai simplă măsurare care se poate face asupra unei diode semiconductoare este aceea care constă în măsurarea curentului invers atunci cînd se aplică o tensiune continuă de 1 V. Un astfel de aparat industrial pentru încercarea cristalelor detectoare este aparatul sovietic ИКД-1. Acest aparat funcţionează ca ohmmetru — pentru măsurarea rezistenţei directe şi inverse — şi ca miliampermetru, pentru măsurarea curentului invers.

Ca ohmmetru el măsoară rezistenţa pînă la 50 k Ω, avînd 10 kΩ la mijlocul scării. În intervalul 100—10 000 Ω precizia măsurărilor este de ±10% din valoarea măsurată. Curentul maxim măsurat este de 0,1 mA. Eroarea respectivă este mai mică decît ±3% din scară; eroarea în măsurarea tensiunii de 1 V este mai mică de 2%. Aparatul este alimentat cu elemente uscate de 1,5 V.

Pentru măsurarea diodelor semiconductoare se recurge adeseori la ridicarea caracteristicii volt-amperi. Această caracteristică se ridică în curent continuu, însă, după cum se poate vedea, această caracteristică nu este semnificativă pentru funcţionarea dinamică a diodelor semiconductoare. Aceasta din mai multe motive.

Caracteristica de curent continuu se ridică fixînd pe rînd diferite valori ale tensiunii şi modificînd prin aceasta curentul care trece prin joncţiune. Dar, la fiecare valoare a curentului se stabileşte o altă temperatură a joncţiunii, ceea ce modifică sensibil funcţionarea diodei. Din contra, atunci cînd dioda este pusă să lucreze dinamic, tensiunea şi curentul variază ciclic în mod rapid, astfel încît practic temperatura joncţiunii rămîne constantă.

De asemenea este necesar ca la diode să se dea limitele semnalelor directe şi inverse care pot să fie aplicate. Aceste limite nu pot fi determinate practic prin măsurători în curent continuu. De asemenea este uşor de văzut că curentul direct care trece prin diodă în timpul funcţionării dinamice modifică şi caracteristica inversă, după cum tensiunile inverse aplicate pot să afecteze caracteristica directă.

Toate aceste dificultăţi pot fi ocolite dacă în locul unor încercări statice în curent continuu se recurge la o încercare dinamică.

Încercarea dinamică a diodelor

Într-o astfel de încercare dinamică dioda lucrează ca un redresor, la care se măsoară tensiunile şi curenţii în timpul funcţionării, ridicîndu-se astfel atît caracteristica în sens direct cît şi în sens invers.

În modul acesta se prinde şi interdependenţa între curentul direct şi cel invers, variaţia ciclică a temperaturii, ca şi toate celelalte efecte dinamice.

Schema de principiu a unei măsurări dinamice se redă în fig. 1. De la o sursă sinusoidală şi de

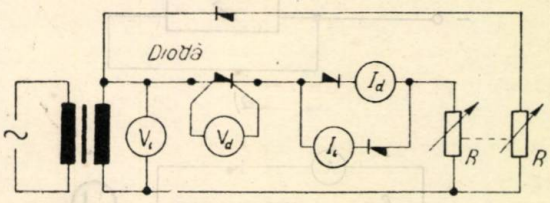


Fig. 1. Schema de principiu utilizată în măsurarea dinamică a diodelor semiconductoare.

mică impedanţă, printr-un transformator se alimentează circuitul de măsurat. Transformatorul este astfel proiectat încît să nu sufere o magnetizare sensibilă datorită curentului continuu produs prin redresare. Tocmai pentru a evita această magnetizare se utilizează o redresare a ambelor alternanţe, cu ajutorul a două diode — din care una este cea încercată iar alta o diodă auxiliară.

* Ing. EDM. NICOLAU este profesor la catedra de tuburi electronice şi tehnică nucleară a Institutului Politehnic Bucureşti

Instrumentele utilizate în această schemă sînt instrumente speciale, care se realizează în mod adecvat.

De exemplu, V_d este un voltmetru care măsoară tensiunea medie pe diodă în timpul alternanței directe. În același timp el este complet insensibil la potențialele negative care apar pe diodă. Impedanța sa de intrare este mare, pentru a nu șunta dioda. De asemenea, instrumentul trebuie să aibă o caracteristică de frecvență plată în domeniul în care se face măsurarea.

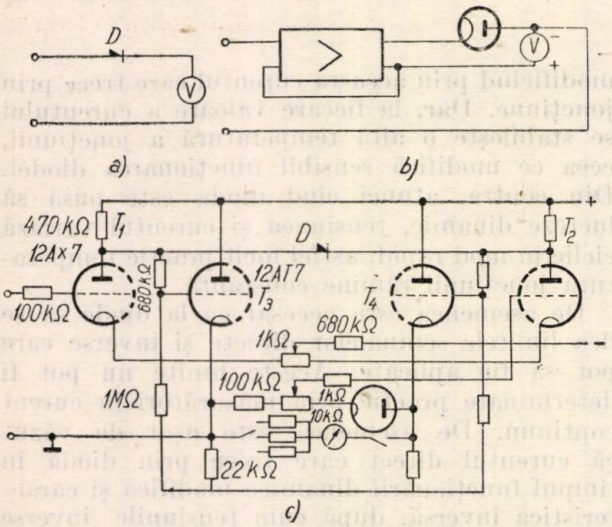


Fig. 2. Schemele de principiu ale unor aparate utilizate în măsurarea dinamică a diodelor semiconductoare :
a – voltmetru unipolar (schemă de principiu) ; *b* – voltmetru unipolar realizat cu amplificator cu reacție ; *c* – schema de principiu a unui voltmetru unipolar.

Un astfel de voltmetru unipolar poate fi conceput ca avînd schema de principiu din fig. 2 *a*, dar cu condiția ca dioda *D* să aibă o caracteristică ideală. Deoarece nu se pot găsi astfel de diode, se recurge la schema de principiu din fig. 2 *b*, în care se utilizează un amplificator de curent continuu cu reacție. În modul acesta se evită faptul că diodele reale permit trecerea unui curent chiar la tensiunea anodică aplicată zero.

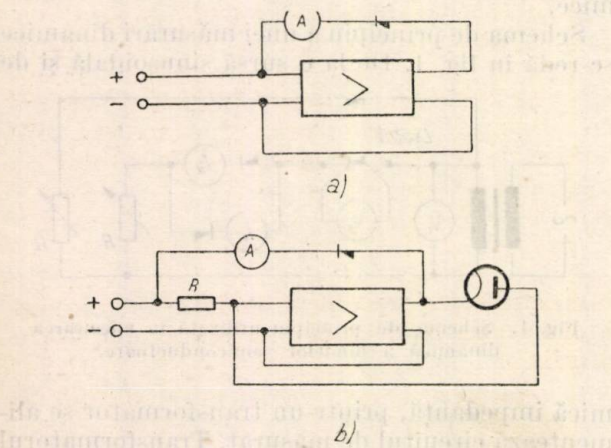


Fig. 3. Schema de principiu a unor ampermetre unipolare :
a – schema principială ; *b* – schemă la care se evită saturarea amplificatorului.

Schema de principiu din fig. 2 *b* are dezavantajul că masa amplificatorului nu este legată la un potențial fix. De aceea se preferă o schemă diferită, care în principiu se prezintă ca în fig. 2 *c*.

Voltmetrul întrebuințat este un voltmetru diferențial cu impendanță de intrare mare. Pentru a-l face insensibil la semnalele negative se montează dioda *D* între anozii tuburilor T_1 și T_2. Pentru semnale aplicate pozitive, tensiunea anodică la tubul T_1 scade, dioda prezentîndu-se atunci ca o rezistență practic infinită. Din contra, pentru semnale negative tensiunea anodică a lui T_1 crește, și dioda *D* se deschide și menține potențiale anodice ale tuburilor T_1 și T_2 la o valoare sensibil egală. Pentru semnale negative, voltmetrul se comportă deci la fel ca și în cazul în care la intrare se aplica un semnal zero. Se realizează astfel dezideratul de a avea un voltmetru unipolar, care să fie insensibil la semnale de polaritate negativă.

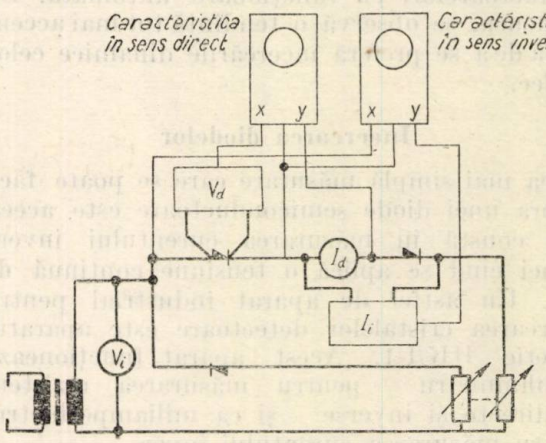


Fig. 4. Montaj pentru oscilografierea caracteristicii volt-amper la diodele semiconductoare.

În ceea ce privește ampermetrele unipolare I_l și I_r, ele se realizează conform schemelor din fig. 3 *a* sau 3 *b*.

Schema din fig 3 *a* este o schemă principială, care arată modalitatea de a realiza un instrument care să fie sensibil numai la semnalele de o anumită polaritate. Schema din fig. 3 *b* prezintă o modificare a schemei precedente, modificare care elimină saturația amplificatorului de curent continuu.

Aparatele realizează o indicație proporțională cu valoarea medie a curentului care trece prin bornele de intrare în timpul unei alternanțe. Indicația nu depinde de loc de potențialele de semn contrar aplicate la intrare. Impedanța de intrare este foarte mică în timpul unei alternanțe și, din contră, mare pentru alternanța opusă. Instrumentul are o caracteristică de frecvență plată pentru întreg domeniul în care se face măsurarea.

Voltmetrul V_i măsoară tensiunea alternativă inversă aplicată pe diodă. El este tot un instrument unipolar, astfel încît nu ne mai ocupăm de el.

Pentru a oscilografia caracteristicile unei diode semiconductoare, se poate utiliza schema din fig. 4. În această schemă se utilizează două oscilografe diferite pentru ridicarea caracteristicii în sens direct şi în sens invers. În modul acesta, caracteristica directă poate fi oscilografiată independent de condiţiile ce există în alternanţa inversă.

Măsurarea coeficientului de injecţie

La diodele semiconductoare se pot face şi o serie de măsurări care dau informaţii asupra proceselor intime care au loc în joncţiune.

Una din metodele de acest gen constă în măsurarea coeficientului de injecţie.

Prin coeficient de injecţie se înţelege raportul dintre curentul purtătorilor minoritari care trec prin bază, şi curentul total prin joncţiune.

O. F. GORIUNOVA şi M. I. IGLIŢÎN au dezvoltat o metodă dinamică pentru măsurarea acestui coeficient [1].

Dioda de măsurat D (fig. 5 *a*) este în mod normal polarizată cu o tensiune negativă suficient de puternică. Ei i se aplică periodic un semnal dreptunghiular. Curentul rezultant trece prin rezistenţa R, producînd o tensiune care este oscilografiată. Variaţia în timp a curentului rezultant se vede în fig. 5 *b*. Aceasta corespunde cazului în care amplitudinea impulsului dreptunghiular aplicat diodei este mai mare decît negativarea.

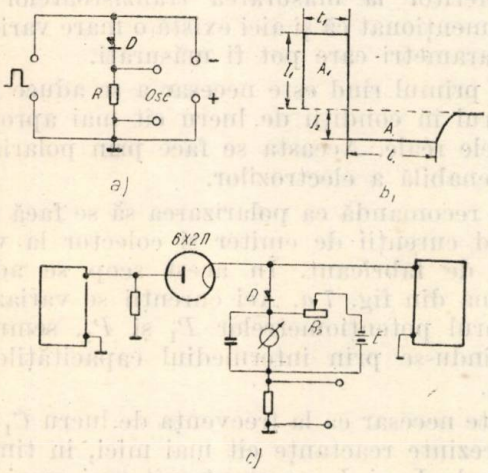


Fig. 5. Determinarea coeficientului de injecţie la diodele semiconductoare :
a – schema de principiu a montajului ; *b* – variaţia în timp a curentului total ; *c* – schema experimentală.

În timpul aplicării impulsului dreptunghiular, prin joncţiune în emiter şi bază se injectează purtători de sarcină. După cum se ştie, la joncţiunile reale viaţa medie a purtătorilor minoritari din emiter (τ_e) este cu cîteva ordine de mărime mai mică decît viaţa medie a purtătorilor minoritari din bază (τ_b).

Dacă durata impulsului pozitiv t_1 este de cîteva ori mai mare decît τ_e, adică dacă $t_1 \gg \tau_e$, atunci în momentul terminării impulsului, purtătorii injectaţi în emiter sînt complet recombinaţi.

Dacă în acelaşi timp t_1 este mult mai mic decît τ_b, după terminarea impulsului, purtătorii introduşi în bază, sub acţiunea tensiunii de negativare se reîntorc prin joncţiune. În modul acesta, dacă este satisfăcută condiţia

$$\tau_e \ll t_1 \ll \tau_b$$

se poate scrie

$$I(t) = I_{e1}(t) + \gamma' I(t) \qquad 0 < t < t_1$$

unde :

$I_{e1}(t)$ este curentul din bază în emiter ;
$I(t)$ – curentul din emiter în bază ;
γ' – coeficientul de injecţie.

Pentru impulsul negativ

$$I(t) = I_{e2}(t) \qquad t > t_1$$

Neglijînd recombinaţia din domeniul bazei se poate scrie

$$\int_{t_1}^{\infty} I(t)\,dt = \gamma' \int_{0}^{t_1} I(t)\,dt$$

de unde rezultă

$$\gamma' = \frac{\int_{t_1}^{\infty} I(t)\,dt}{\int_{0}^{t_1} I(t)\,dt}$$

unde A_1 şi A_2 sînt suprafeţele impulsurilor din fig. 5 *b*.

În fig. 5 *c* se dă schema cu care se poate determina experimental coeficientul de injecţie. În fond se măsoară diferenţa celor două suprafeţe ($A_1 - A_2$), cu ajutorul miliampermetrului din circuitul diodei. Tocmai de aceasta este indicat de a pune expresia coeficientului de injecţie sub forma

$$\gamma' = 1 - \frac{A_1 - A_2}{A_1}$$

Curentul care trece prin diodă în sens invers datorită negativării se compensează cu ajutorul bateriei E.

Rezultatele măsurării coeficientului de injecţie la diodele de tipul ДГЦ–27 au dat valoarea 0,98.

Măsurarea fotoconductivităţii

Studii asemănătoare privind regimul tranzitoriu al semiconductoarelor se poate face cu impulsuri luminoase, determinîndu-se fotoconductivitatea şi viaţa medie a purtătorilor de sarcini.

După cum se ştie, variaţia conductivităţii se produce în semiconductoare datorită eliberării de purtători de sarcini sub acţiunea luminii.

Dispozitivul experimental constă dintr-un sistem optic care permite iluminarea periodică cu o intensitate reglabilă a unui cristal semiconductor. Cristalul este montat în serie într-un

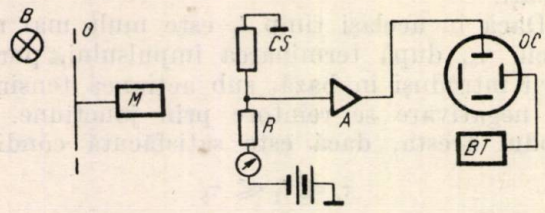


Fig. 6. Schema utilizată în măsurarea fotoconductibilităţii cristalelor semiconductoare.

circuit ce cuprinde, de asemenea, o baterie de polarizare, un miliampermetru şi o rezistenţă. Variaţia de conductivitate a cristalului semiconductor se traduce prin variaţia curentului din circuit, deci prin modificarea ritmică a tensiunii la bornele rezistenţei R (fig. 6), sub acţiunea luminii. Tensiunea de la bornele lui R este apoi amplificată şi vizualizată la un osciloscop catodic. Din forma impulsului rezultant se deduce timpul mediu de viaţă al purtătorului.

Din datele publicate rezultă că rezultatele obţinute prin această metodă pentru cîmpuri slabe de ordinul a 0,2 V/cm, diferă cu circa 10% de valorile medii. Pe de altă parte, această valoare medie este cu circa 10% mai mică decît aceea ce se determină teoretic, ţinîndu-se seama de alte efecte. Metoda aceasta optică se dovedeşte a fi utilă pentru măsurători care nu sînt prea pretenţioase.

Măsurarea diodelor în impulsuri

Măsurarea caracteristicii tensiune-curent a diodelor cu joncţiune polarizate de asemenea se descrie în literatură.

Studii teoretice arată că la joncţiunile plane p-n subsistă relaţia

$$I^{1/2} = S\,(V - V_0) \qquad (1)$$

unde: I este curentul pe unitatea de arie a diodei; V — diferenţa de potenţial aplicată; V_0 — potenţialul de difuzie; S — o constantă determinată de geometria şi de parametrii fizici ai diodei.

Pentru a se verifica justeţea acestei formule s-a utilizat o metodă de măsurare în impulsuri, utilizîndu-se o schemă clasică. În esenţă, este vorba de o capacitate care se încarcă de la o baterie, descărcîndu-se apoi brusc printr-un tiratron şi o inductanţă, pe un circuit format dintr-o rezistenţă în paralel cu un condensator. Se obţine astfel un impuls avînd o formă convenabilă.

Metoda de impulsuri s-a utilizat pentru a se evita încălzirea diodei.

Răspunsul diodei la acest impuls — în domeniul curenţilor mici — a fost acelaşi ca şi în cazul în care se aplica un semnal continuu, ceea ce arată că regimul tranzitoriu al diodei a fost suficient de rapid.

În mod normal se lucra cu dioda montată într-o baie, pentru a-i menţine temperatura constantă.

Tensiunile şi curenţii erau măsuraţi cu ajutorul unui oscilograf de curent continuu, printr-o metodă de compensaţie, ceea ce făcea ca rezultatele să fie independente de etalonarea sau liniaritatea amplificatoarelor utilizate la osciloscopul catodic.

Rezultatele obţinute arată că formula dată mai sus pentru relaţia dintre tensiune şi curent la diodele plane cu joncţiune p-n este valabilă pentru densităţi de curent, chiar mai mari de 10^3 A/cm^2. Se ajunge la concluzia că în joncţiunile p-n puternic polarizate apare o limitare a curentului prin sarcină spaţială în mod analog cu ceea ce se întîmplă la tuburile electronice.

Metoda experimental utilizată a permis de asemenea să se arate că formula (1) se poate aplica şi la diode care nu au o geometrie planară. De asemenea s-a putut arăta că există o limită superioară de valabilitate a acestei formule, limită care se exprimă teoretic prin completarea nivelelor.

Măsurarea tranzistoarelor

Referitor la măsurarea tranzistoarelor trebuie menţionat că şi aici există o mare varietate de parametri care pot fi măsuraţi.

În primul rînd este necesar a se aduce tranzistorul în condiţii de lucru cît mai apropiate de cele reale. Aceasta se face prin polarizarea convenabilă a electrozilor.

Se recomandă ca polarizarea să se facă menţinînd curenţii de emiter şi colector la valori date de fabricant. În acest scop se adoptă schema din fig. 7 *a*. Aci curenţii se variază cu ajutorul potenţiometrelor P_1 şi P_2, semnalele aplicîndu-se prin intermediul capacităţilor C_1 şi C_2.

Este necesar ca la frecvenţa de lucru C_1 şi C_2 să prezinte reactanţe cît mai mici, în timp ce bobinele L_1 şi L_2 reactanţe cît mai mari.

Printre parametrii care interesează la tranzistoare menţionăm în primul rînd amplificarea de curent în scurtcircuit. Schema adoptată este dată în fig. 7 *b*. Generatorul se conectează în montaj printr-un transformator cu raport de transformare 1 : 1.

Rezistenţele R_1 şi R_2 se iau mici. Cu un voltmetru se măsoară tensiunile U_1 şi U_2. Se poate scrie

$$u_1 = R_1\, i_e, \qquad u_2 = R_2\, i_c.$$

Dacă impedanţa din circuitul colectorului este suficient de mică, amplificarea de curent în scurtcircuit poate fi aproximată prin raportul i_c/i_e, adică prin raportul tensiunilor.

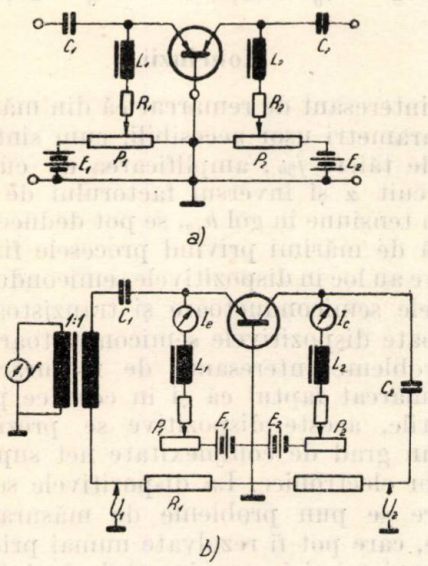


Fig. 7. Măsurarea tranzistoarelor :
a – polarizarea tranzistoarelor ; *b* – schemă pentru măsurarea amplificării în scurtcircuit.

Determinarea timpului de viaţă a purtătorilor

Factorul de amplificare în curent α a tranzistoarelor cu joncţiune variază adeseori mult odată cu curentul de emiter I_E şi cu temperatura de lucru T. Aceasta se datoreşte mai multor factori, şi anume : variaţiei vieţii medii a purtătorilor minoritari în regiunea bazei ; variaţiei coeficienţilor de difuzie a purtătorilor minoritari din aceeaşi regiune ; variaţiei eficienţei emiterului γ, determinată în special de raportul dintre conductivităţile regiunilor emiterului şi bazei.

După cum se ştie, eficienţa emiterului este sensibil egală cu unitatea. Dacă lăţimea W a regiunii bazei este mică în comparaţie cu aşa-numita lungime de difuzie şi dacă captarea golurilor este neglijabilă, atunci se poate arăta că timpul de viaţă al purtătorilor τ_p este dat de

$$\tau_p = \frac{1}{2\pi f_{\beta 0}}$$

şi

$$\alpha = \beta\ \gamma,$$

$$\beta = 1 - \frac{1}{2}\ \frac{W^2}{D_p'\ \tau_p}$$

Luînd aproximativ $\gamma = 1$, adică $\alpha = \beta$, rezultă

$$\frac{D_p'}{W^2} = \frac{\pi f_{\beta 0}}{1 - \alpha}$$

Aci $f_{\beta 0}$ este frecvenţa de tăiere pentru montajul cu emiterul la masă, iar β este aşa-numitul factor de transport, D' fiind valoarea aparentă a coeficientului de difuzie în regiunea bazei.

Teoria arată că D' este legat de adevăratul coeficient de difuzie D_p prin relaţia

$$D_p' = D_p\left(1 + \frac{y}{1+y}\right)$$

unde

$$y = \frac{P}{N_d}$$

P fiind densitatea de goluri injectate, iar N_d densitatea de donori ionizaţi din regiunea bazei. În aceste formule intervine şi W, care nu este în general cunoscută, nefiind indicată în prospecte. Ea poate fi aflată direct de la producător.

Pentru a putea calcula coeficientul de difuzie, este necesar ca în prealabil să se cunoască mărimea y.

Ea se deduce din considerente teoretice.

Concentraţia de echilibru n_n a purtătorilor majoritari în regiunea bazei se poate determina în primul rînd măsurînd pe h_{12}, la o valoare suficient de mică a curentului de emiteri I_E.

Se ştie că h_{12} este inversul factorului de amplificare în tensiune în scurtcuit. Se ştie de asemenea că

$$h_{12} = \frac{kT\alpha}{eW}\left(\frac{\varepsilon}{2en_n V_c}\right)^{1/2}$$

de unde rezultă

$$n_n = \left(\frac{kT\alpha}{eWh_{12}}\right)^2 \frac{\varepsilon}{2eV_c} \qquad (2)$$

unde : e este sarcina electronului ; k — constanta lui Boltzmann ; V_c — tensiunea de curent continuu a colectorului ; ε — constanta dielectrică ; T — temperatura absolută.

Admiţînd că în regiunea bazei concentraţia de goluri este neglijabilă, se poate scrie

$$n_n = N_d.$$

Astfel, măsurînd pe h_{12} se obţine valoarea lui N_d.

În ceea ce priveşte valoarea lui p_B — concentraţia la echilibru de goluri din regiunea bazei — se poate scrie

$$p_B = \frac{n_i^2}{n_n} = \frac{9{,}3\times 10^{31} T^3}{n_n} \exp\left[-\frac{8\,700}{kT}\right], \qquad (3)$$

unde n_i este concentraţia intrinsecă de purtători la temperatura $T°$K, iar

$$p_i = p_B\left[\exp\left(\frac{eV_E}{kT}\right) - 1\right]. \qquad (4)$$

Din ecuaţiile (3) şi (4) se poate determina valoarea lui p_1. Cu valorile lui N_d şi p_1 se poate

calcula valoarea lui y_1 la frontiera emiter-bază.

În ceea ce priveşte viaţa medie τ_p, ea depinde de procesele de recombinare. Din studierea unui mare număr de observaţii rezultă că cel puţin pentru valori coborîte ale lui I_E la tranzistoarele de aliere, recombinarea se produce mai ales la suprafaţă. Numai atunci cînd curentul I_E creşte, recombinarea în volum devine mai importantă. În general, se poate defini un timp de viaţă efectiv prin relaţia

$$\frac{1}{\tau_p} = \frac{1}{\tau_v} + \nu_s$$

unde τ_v este timpul de viaţă dat de recombinarea de volum, iar $1/\nu_s$ este timpul de viaţă dat de recombinarea de suprafaţă. Unele rezultate teoretice arată că se poate scrie :

$$\tau_v = \frac{\tau_0}{1 + (p_1/N_d)} = \frac{\tau_0}{1 + y_1}$$

unde τ_0 este valoarea lui τ_v corespunzînd lui $y_1 = 0$.

În ceea ce priveşte recombinarea de suprafaţă ea este o funcţie de aşa-numita viteză de recombinare s şi de aria efectivă de recombinare A_s. Se poate admite că aproximativ

$$\nu_s = \frac{\nu_0}{1 + y_1/(1 + y_1)}$$

unde ν_0 este valoarea lui ν_s pentru $y_1 = 1$.

Rezultă astfel pentru timpul de viaţă mediu următoarea formulă :

$$\frac{1}{\tau_p} = (1 + y_1)\left[\frac{1}{\tau_0} + \frac{\nu_0}{1 + 2y_1}\right].$$

Aceasta sugerează că τ_p va trece printr-un maxim, atunci cînd y_1 creşte de la valori mici spre altele mai mari.

Formula de mai sus este interesantă şi pentru că permite să se determine valorile lui τ_0 şi ale lui ν_0. Pentru aceasta se trasează datele experimentale pe un grafic şi se caută acele valori ale lui τ_0 şi ν_0, care introduse în formula de mai sus conduc la cea mai bună aproximare a curbei experimentale. Procedînd în acest mod se constată că pentru valori ale lui y_1 în jurul lui 1, concordanţa este bună între datele teoretice şi cele experimentale.

Ca exemplu, dăm mai jos valorile obţinute pentru unele tranzistoare :

OC 70	$\tau_0 = 92{,}4$ μs	$1/\nu_0 = 19{,}5$ μs
OC 602	$\tau_0 = 63{,}1$ μs	$1/\nu_0 = 29{,}6$ μs

Concluzii

Este interesant de remarcat că din măsurarea unor parametri uşor accesibili, cum sînt : frecvenţa de tăiere $f_{\beta 0}$, amplificarea de curent în scurtcircuit α şi inversul factorului de amplificare în tensiune în gol h_{12}, se pot deduce o serie întreagă de mărimi privind procesele fizice infime care au loc în dispozitivele semiconductoare.

Diodele semiconductoare şi tranzistoarele — — ca toate dispozitivele semiconductoare — ridică probleme interesante de măsurări. Trebuie remarcat faptul că şi în ceea ce priveşte măsurările, aceste dispozitive se prezintă ca avînd un grad de complexitate net superioară tuburilor electronice. La dispozitivele semiconductoare se pun probleme de măsurare mai delicate, care pot fi rezolvate numai prin îmbinarea unei tehnici experimentale înaintate, cu o cunoaştere destul de profundă a fenomenelor fizice, care au loc în dispozitivul măsurat.

Pentru măsurările curente s-au elaborat numeroase aparate industriale, din care unele simple iar altele mai complexe, mergîndu-se pînă la crearea unor aparate care în mod automat măsoară parametrii tranzistoarelor şi diodelor semiconductoare. Aceasta însă iese din cadrul pe care ni l-am propus.

BIBLIOGRAFIE

[1] GORIUNOVA, O. F. şi IGLITÎN, M. I. : *Izmerenie koeffitienta inecţii.* Radiotehnica i electronica, **4** (1959) 11, 1861—1868.

[2] DEB, S., DAW, N. A. : *On the Lifetime and Diffusion Constant of the Injected Carriers and the Emitter Efficiency of a Junction Transistor.* J. of Electronics a. Control, **V** (1958) 6, 514—530.

[3] NICOLAU, EDM. : *Măsurări în radiotehnică,* vol. **II.** Editura Tehnică, Bucureşti, 1956.

[4] NICOLAU, EDM. şi BELIŞ, M. : *Măsurarea elementelor semiconductoare.* Metrologia aplicată (1959) 1.

[5] SOKLI, V. : *Teoriia elektronnih poluprovodnikov,* II., Moscova, 1953.

[6] IGLITÎN, M. I., KONTEVOI, I. A. şi SIDOROV, A. I. : JTF, **27** (1957) 11.

[7] WALKER, A. H. B. şi MARTIN, G. R. : *Dynamic Methods of Testing Semi-Conductor Rectifier Elements and Power Diodes.* Electronic Engineering, **29** (1957) 350, 150—157.

[8] BEDENDO, G. şi SETTE, D. : *Misure di fotoconduttivita in semiconduttori.* Alta frequenza, **XXVII** (1958) 5, 437—471.

T 10329/60
LEFORDITVA

ILIE PAPADACHE*

Calculatorii în automatizări şi perspectivele introducerii lor în industria noastră**

CZ 621 – 52 : 681.14(R)

Dacă se examinează întrebuinţarea calculatorilor în industrie în instalaţiile realizate în ultimii doi ani (1958—1959) sau care sînt în curs de realizare, rezultă că această întrebuinţare urmează două căi principale şi anume:

1. Calculatori care servesc operatorului pentru conducerea optimă a procesului tehnologic, dar nu intervin direct în procesul de reglare.

2. Calculatori care servesc pentru a optimaliza procesul de reglare intervenind direct în procesul de reglare:

a) făcînd previziuni asupra evenimentelor care se vor întîmpla în procesul industrial şi modificînd în consecinţă mărimile de intrare în sistemele de reglare (optimalizare prin previziune);

b) intervenind direct în procesul de reglare pe baza măsurării parametrilor reglaţi şi a unor relaţii de optimalizare prestabilite (optimalizare în circuit închis).

Vom examina pe rînd aceste întrebuinţări.

Calculatori care servesc operatorului pentru conducerea optimă a procesului tehnologic

În fig. 1 este arătată schema tipică a unei asemenea instalaţii. Procesul tehnologic este condus de operator cu ajutorul aparatelor de pe panou. Operatorul primeşte însă şi unele indicaţii de la calculatorul analog-numeric şi le întrebuinţează pentru a supraveghea procesul tehnologic şi a modifica mărimile de intrare în regulatoare.

Cu această instalaţie, operatorul îşi bazează diferitele intervenţii pe evoluţia valorii parametrilor primari ai procesului şi anume: temperaturi, presiuni, debite, nivele etc. În plus, ţine seama de experienţa sa şi de instrucţiunile de exploatare, aceasta pentru a asigura o anumită cantitate şi calitate a producţiei. Trebuie observat că într-o asemenea instalaţie calculatorul contabil care supraveghează mersul producţiei în ansamblu, transmite indicaţii operatorului cu mult mai tîrziu decît timpul real al procesului tehnologic. Performanţele economice ale sistemlui: randament, cantităţi, balanţă termică sau de materiale sînt calculate de exemplu zilnic şi sînt apoi întrebuinţate de operator pentru a produce schimbări în mărimile de intrare ale regulatoarelor.

O formă perfecţionată a instalaţiilor din această categorie este arătată în fig. 2. Această instalaţie face posibilă întrebuinţarea imediată de către operator — adică în timpul real al valorilor parametrilor de performanţă calculaţi de calculatorul de optimalizare — şi deci permite operatorului să obţină un optim al producţiei, prin menţinerea sau aducerea parametrilor din circuitele de reglare la valori determinate. Această posibilitate se obţine prin introducerea unui calculator în camera de comandă care este în circuit în sensul că mărimile de intrare sînt primite de către acest calculator direct din proces sau de la un calculator analog-numeric. Operatorul primeşte periodic nu numai indicaţii asupra parametrilor primari şi parametrilor de performanţă, dar în plus balanţa termică, balanţa de materiale etc.

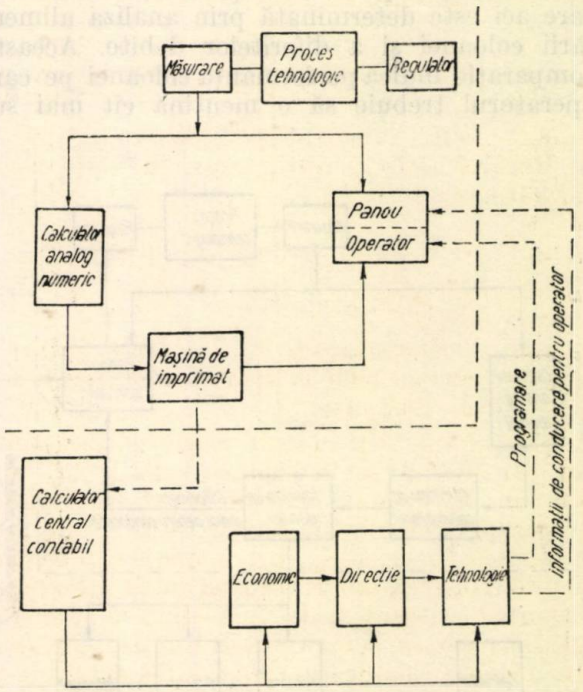


Fig. 1. Calculator pentru optimalizare pe bază statistică.

În instalaţiile complexe petrolifere şi chimice operatorul trebuie să facă foarte des schimbări în mărimile de intrare ale regulatoarelor pentru a contrabalansa schimbări în variabilele independente. Eficacitatea deciziilor sale, care puteau fi luate şi cu instalaţia din fig. 1 este considerabil

* Ing. I. PAPADACHE este şeful secţiei de automatizări la Institutul de cercetări electrotehnice şi secretar ştiinţific al Comisiei de Automatizare a Academiei R.P.R.

** Comunicare la Consfătuirea tehnico-ştiinţifică asupra maşinilor de calcul, Bucureşti, 13—15 ianuarie 1960.

îmbunătăţită în instalaţia din fig. 2. Variaţiile în proces pot fi compensate de operator în timpul real, ceea ce permite menţinerea producţiei la un nivel ridicat în mod continuu în loc ca aceasta să se facă la perioade lungi de timp pe bază de informaţii statistice. O instalaţie de acest fel s-a făcut în 1958 la o rafinărie. Aproximativ 160 măsurători primare de temperaturi, presiuni, debite şi alte variabile de la o cracare catalitică au fost măsurate şi transformate numeric cu o viteză de o citire pe secundă. În afară de aceasta, calculatorul determină 30 indicaţii de conducere care sînt imprimate şi transmise operatorului. În prima dare de seamă asupra acestei instalaţii publicată în 1959 s-a comunicat că în timp de 6 luni de funcţionare a fost posibilă conducerea procesului aproape de condiţiile optime. Din datele obţinute se deduce că instalaţia este justificată economic deşi timpul a fost prea scurt pentru a se putea trage o concluzie definitivă.

O instalaţie mică de acelaşi tip s-a instalat tot în 1958 la o coloană de fracţionare (fig. 3). Calculatorul analogic întrebuinţat primeşte mărimi analogice de la aparatele de măsurat şi calculează şi indică pe un cadran un „indice de performanţă" care este întrebuinţat de operator pentru conducerea procesului. Producţia reală este comparată cu producţia teoretică, care aci este determinată prin analiza alimentării coloanei şi a diferitelor debite. Această comparaţie indică performanţa coloanei pe care operatorul trebuie să o menţină cît mai sus

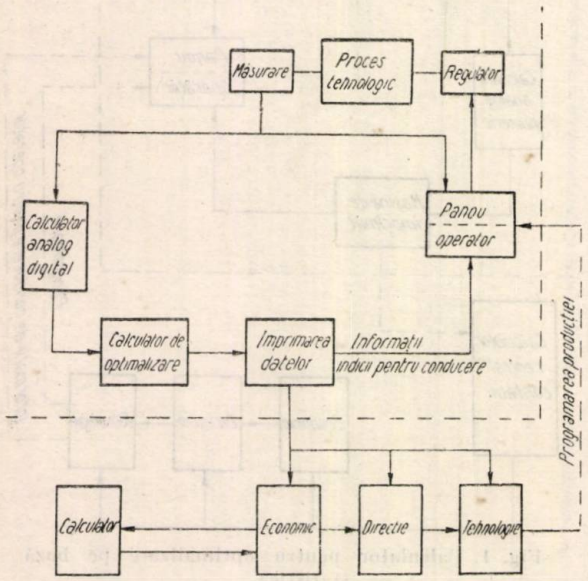


Fig. 2. Instalaţie cu un calculator de optimalizare cu indicaţii date direct operatorului.

posibil. Acest indice va varia la schimbări bruşte în alimentare şi aceasta va indica necesitatea modificării mărimilor de intrare în regulatoarele coloanei. Bineînţeles se presupune coloana avînd un număr suficient de platouri pentru a menţine puritatea produsului la nivelul cerut. În unele cazuri se prevede şi o analiză a compoziţiei la intrare, cum şi măsurarea purităţii produsului. Cu această informaţie suplimentară se poate regla refluxul pentru a

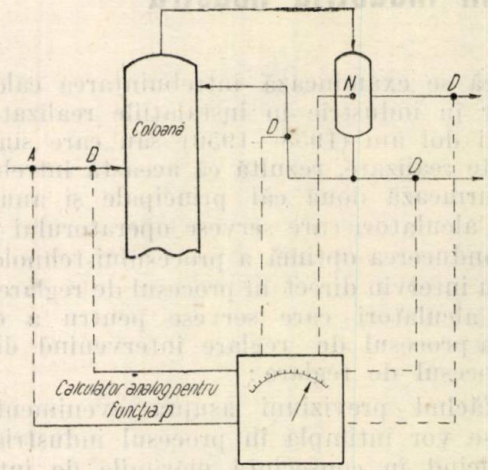


Fig. 3. Instalaţie cu calculator analog care calculează şi indică indicele de performanţă $p = f$ (debit, nivel, analiză):
A – aparat de analiză; D – măsurări de debite; N – măsurare de nivel

se menţine puritatea produsului şi deci a fi în limitele de valabilitate ale indexului de performanţă.

Un alt exemplu recent de asemenea întrebuinţare de astă dată a unui calculator numeric, este citat la un ansamblu de 12 cuptoare Siemens Martin, fiecare cuptor avînd operator propriu, ansamblul fiind condus din punct de vedere al programării şi producţiei de un operator principal. Fiecare cuptor are ansamblul său de reglare automată şi un panou central de comandă. Operatorul cuptorului îl conduce cu această instrumentare independent de alte cuptoare. Operatorul principal are nevoie a şti pentru a conduce ansamblul cuptoarelor în mod optim şi a programa producţia, costul combustibilului consumat, caracteristicile cuptorului, cauzele întîrzierilor etc. Introducerea unui calculator numeric legat cu sistemul de control automat al fiecărui cuptor poate să-i dea asemenea informaţii repede şi automat. Un asemenea calculator poate să deservească mai multe cuptoare — în instalaţia la care ne referim deserveşte 12 cuptoare – determină secvenţa încălzirii, dă alarma dacă timpurile prescrise s-au depăşit etc.

Calculatorul nu modifică mărimile de intrare ale regulatoarelor din sistemele de reglare

Această posibilitate este prevăzută pentru o etapă următoare. Experienţa a arătat că introducerea acestui calculator a avut ca rezultat:

reducerea timpului de încălzire;

mărirea duratei vieţii cuptorului între două reparaţii ;

îmbunătăţirea calităţii producţiei ;

reducerea cheltuielilor de combustibil şi de contabilizare.

Trebuie ca experimental să se stabilească în ce măsură operatorul întrebuinţează informaţiile primite de la calculator pentru a modifica mărimile de intrare din regulatoare pentru a realiza o conducere optimă a procesului industrial. În această privinţă opinia generală este că instalaţii de tipul descris prin fig. 1 nu sînt justificate decît ca o etapă spre tipul descris în fig. 2. Tot pe baza unei experimentări în numeroase cazuri va trebui să se determine în ce măsură eficienţa economică este mărită cu ajutorul calculatoarelor. În sfîrşit, această întrebuinţare este legată de posibilitatea unei analize directe a producţiei şi deci de existenţa unor aparate industriale în acest scop, domeniu în care s-au făcut progrese însemnate în ultimii cîţiva ani.

Experienţa obţinută de-acum pe plan mondial justifică însă opinia că această întrebuinţare a calculatoarelor se va extinde rapid în numeroase domenii.

Optimalizarea sistemelor de reglare prin calculatori care intervin direct în procesul de producţie

Principala justificare în introducerea calculatorilor în producţie o formează obţinerea unor performanţe optime cu un sistem supus unor perturbaţii şi unor constrîngeri. Realizarea unui asemenea scop presupune însă definirea criteriului de performanţă, ceea ce constituie o operaţie dificilă. În general sînt două metode pentru a stabili un criteriu pentru această performanţă şi anume unul economic şi unul tehnic.

Performanţa economică este exprimată deseori printr-o expresie liniară

$$p = \sum K_p x_p + \sum K_i x_i + \sum K_e x_e$$

unde : x_p sînt mărimi de intrare independente (perturbatoare) ; x_i — variabile de intrare dependente (manipulate) ; x_e — variabile de ieşire ale sistemului ; K_i, K_j, K_k — coeficienţi economici sau de cost.

Calculatorul obţine din instalaţie valorile x_p, x_i şi x_e şi determină pe p conform cu relaţii de tipul de mai sus. Dacă p este egal cu valoarea lui teoretică, producţia funcţionează la un optim pentru diferitele mărimi de intrare x_i ale sistemului automat, la care se adaugă şi condiţiile de limită pentru mărimile de ieşire x_e.

În instalaţiile examinate pînă acum, întrebuinţarea valorii p era făcută de operator. Dacă calculatorul este introdus în însuşi circuitul de reglare, atunci acesta trebuie să stabilească — pe baza legăturii care există între valoarea lui p obţinută şi valorile diferitelor variabile — mărimile de intrare x_i în diferitele circuite de reglare individuale care apar în ansamblul reglării procesului tehnologic. Cu alte cuvinte, optimalizarea automată presupune calculatorul legat direct cu regulatoarele din procesul de producţie sau că se înlocuiesc chiar aceste regulatoare. Calculatorul primeşte ca mărimi de intrare mărimile de ieşire ale sistemelor de reglare — mărimile x_e — cum şi valoarea altor mărimi independente x_p care influenţează procesul de producţie. În felul acesta calculatorul a luat locul operatorului. Sînt însă multe probleme pe care le ridică în practică o asemenea conducere automată. Pentru a obţine performanţe optime, calculatorul trebuie să modifice reglarea parametrilor primari ai procesului tehnologic, pe baza valorii unor indici de performanţă pe care îi calculează. Pentru aceasta este necesar ca relaţiile de optimalizare să fie stabilite pentru procesul tehnic respectiv. Pînă de curînd, acest lucru a constituit un obstacol în aplicarea unei asemenea optimalizări automate. Actualmente în unele domenii — în rafinarea petrolului de exemplu — predomină părerea că asemenea relaţii sînt cunoscute sau pot fi determinate. Multe din instalaţiile din prima categorie au scopul de a strînge date pentru stabilirea relaţiilor de optimalizare în vederea trecerii la conducerea automată optimală. O altă dificultate provine din faptul că multe procese tehnologice au constante de timp foarte mari. Optimalizarea prezintă în asemenea cazuri dificultăţi legate de instabilitatea sistemelor.

În sfîrşit, optimalizarea automată presupune instrumente analitice de calitate, rapide şi precise pentru a se transmite calculatorului informaţii cu privire la calitatea produsului şi a materiei prime de la intrare. Această conducere optimală automată a procesului de producţie se poate realiza în două feluri şi anume prin : *a*) optimalizarea prin previziune şi *b*) optimalizarea în circuit închis.

Optimalizarea prin previziune. În acest caz calculatorul măsoară schimbările mărimilor variabile de intrare, prezice care trebuie să fie exploatarea optimă a sistemului în noile condiţii şi comandă în aval modificarea mărimilor de intrare ale regulatoarelor care reglează mărimile de ieşire din aval. În felul acesta calculatorul caută să obţină mărimile de ieşire la valorile dorite pentru optim cu toate că nu face o măsură a acestor mărimi de ieşire. Este clar că în această întrebuinţare calculatorul transmite comenzi într-un sistem deschis. Un studiu mai amănunţit arată că această întrebuinţare este avantajoasă pentru procese care au constanta de timp foarte lungă.

Un exemplu de o asemenea instalaţie care a dat rezultate este arătat în fig. 4 şi a fost realizat cu un calculator analog care are pînă

acum aproximativ cinci ani de funcţionare. Costul instalaţiei este de aproximativ 20 000 ruble. O coloană de fracţionare are sistemele de reglare obişnuite şi în plus un calculator care analizează compoziţia şi debitul alimentării la intrare. Principala cauză a ieşirii din per-

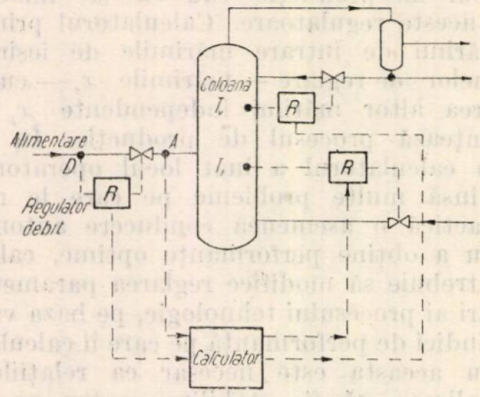


Fig. 4. Optimalizare prin previziune :
R – regulator; *D* — debit; *A* – analiză de compoziţie; T_v, T_f – temperatură la vîrf, respectiv fund.

formanţa optimă a unei coloane de fracţionare este provocată de schimbări în debitul şi compoziţia alimentării coloanei. Dacă compoziţia alimentării variază, calculatorul modifică mărimile de intrare ale regulatoarelor din aval conform cu relaţii predeterminate în vederea obţinerii performanţei optime. Calculatorul modifică mărimile de intrare în regulatoarele temperaturilor din vîrful şi fundul coloanei T_v, T_f. Pentru aceasta este necesar să se predetermine relaţiile între T_v şi T_f în funcţie de compoziţia alimentării pentru o puritate constantă a produsului la ieşire.

În instalaţia din fig. 1, o schimbare în compoziţia alimentării va fi imediat sezisată de calculator. Bineînţeles că modificarea mărimii de intrare în sistemul T_v şi T_f va trebui să fie făcută după un interval de timp depinzînd de constanta de timp a coloanei şi de parametrul reglat.

În asemenea cazuri deci, din valoarea mărimilor independente adică x_p, calculatorul deduce indicii de performanţă. Pe baza relaţiilor matematice fixate pentru funcţionarea optimă se determină mărimile x_i care intră în regulatoare. Calculatorul nu preia conducerea dinamică a procesului, aceasta fiind făcută de regulatoarele obişnuite.

Optimalizarea întrebuinţînd calculatorul într-un circuit închis. Această metodă se aplică în cazurile în care este posibilă analizarea produsului la ieşire, aceasta pentru a modifica mărimile din diferitele sisteme de ieşire reglate cu scopul de a obţine un optim.

În fig. 5 s-a arătat schematic întrebuinţarea unui calculator în circuit închis. Procesul tehnologic este o reacţie catalitică în care două gaze se combină pentru a se obţine un anumit produs. Calculatorul primeşte informaţii asupra temperaturilor din diferite părţi ale coloanei, analiza produsului la ieşire, debite diferite şi poate comanda funcţionarea unor ventile. Măsurarea temperaturilor are scopul de a determina cantitativ mersul reacţiei. Într-un astfel de proces tehnologic trebuie să se ţină seama de preţul catalizatorului care se consumă cu întrebuinţarea. Acest consum creşte cu temperatura. În schemă se prevede posibilitatea de a se modifica debitul de produs la ieşire, alimentarea cu unul din gaze, cum şi un debit de recirculaţie, toate acestea în conformitate cu ecuaţii de optimalizare introduse în calculator. Aceste ecuaţii au drept scop să asigure o producţie şi o calitate maximă, cum şi un cost minim. Într-un asemenea proces tehnologic, costul apare ca o funcţie de două variabile şi anume : costul catalizatorului care la rîndul lui este o funcţie de temperatura din reactor şi costul materiei prime. În afară de aceasta, în calculul costului apar şi cheltuielile fixe care nu sînt funcţie de producţie. În calculator se întrebuinţează relaţii care leagă aceşti parametri şi ţinînd seama de variabilele temperatură şi alimentare se determină raportul gaz 1/gaz 2, debitul de recirculaţie, debitul de ieşire pentru costul optim.

Un exemplu simplu în întrebuinţarea unui calculator analogic pentru reglarea unui proces în circuit închis este arătat în fig. 6. Într-o asemenea instalaţie schimbări mici în temperatura refluxului produc o perturbaţie de natură oscilatorie în funcţionarea coloanei sau dă naştere la o funcţionare instabilă. Schimbarea temperaturii refluxului T_R are ca efect imediat schimbarea debitului refluxului D_R.

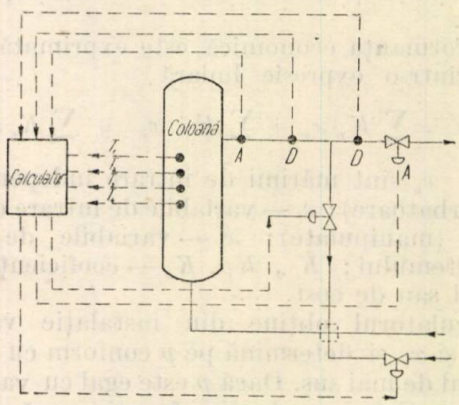


Fig. 5. Calculator la o cracare catalitică în circuit închis.

Dacă se notează cu D_i şi T_i debitul şi temperatura fluidului care pleacă din coloană $\Delta t = T_i - T_R$ se obţine cu oarecari simplificări :

$$D_i = D_R (1 + k \Delta t)$$

în care k este o constantă caracteristică coloanei. Funcționarea unei asemenea coloane este optimă dacă se menține D_i constant față de variațiile lui t. Aceasta se poate obține prin variația lui D_R. O asemenea metodă este mai avantajoasă decît prin modificarea temperaturii care cuprinde constante de timp mai mari decît dacă se reglează un debit. În calculatorul analogic întrebuințat pentru realizarea relației de mai sus elementul mai complicat este multiplicatorul $(1 + k\Delta t)$.

Un asemenea calculator s-a aplicat în numeroase coloane de fracționare constatîndu-se o reducere a consumului de abur și o compoziție mai uniformă a producției.

Un exemplu complex de introducere a unui calculator conducînd în circuit închis s-a realizat în 1959 într-o instalație de polimerizare. Calculatorul primește 110 informații și optimalizează procesul modificînd valorile de intrare în 16 circuite de reglare care sînt conduse dinamic de calculator. Realizarea automatizării a fost studiată — împreună cu modernizarea întregii instalații — timp de 2 1/2 ani și a costat 200 000 dolari peste prețul normal al unei instalații de automatizare convențională. Creșterea eficienței este apreciată la 6—10 %. Prelungirea vieții catalizatorului a redus cheltuielile anual cu 75 000 dolari. Nu se specifică însă în datele publicate cît se presupune că va fi atribuit prezenței calculatorului din această economie anuală și nici cît din creșterea eficienței.

Un caz simplu s-a realizat prin introducerea unui calculator pentru a minimaliza variațiile de putere datorite variațiilor tensiunii de alimentare la un cuptor cu arc. Experiențele s-au făcut cu cuptor electric de 20 t și rezultatele au fost că amplitudinea maximă a variațiilor de putere s-au redus de la $\pm 11\,\%$ la $\pm 1\,\%$.

Un progres de la care se așteaptă rezultate interesante este introducerea optimalizării autoadaptabilă. Aceasta în sensul că calculatorul extinde relațiile matematice care definesc procesul tehnologic — modelul — în scopul de a forța modelul matematic să coincidă cu procesul real. O asemenea întrebuințare va fi indicată în cazul unor procese tehnologice prea complexe pentru ca o relație matematică satisfăcătoare să fie stabilită sau în cazurile în care măsurările industriale nu s-au făcut.

O asemenea instalație s-a făcut la o rafinărie, o fabrică de produse chimice și la o coloană de fracționare. Calculatoarele sînt de tip numeric.

Asemenea întrebuințări ale calculatorilor sînt însă într-o fază incipientă cu puține date tehnice publicate asupra rezultatelor.

Considerăm că este bine să relatăm și opinii mai puțin entuziaste asupra întrebuințării calculatorilor în industrie. Ne vom referi la cercetările grupului petrolifer Sun Oil Co. în legătură cu revizuirea instrumentației pentru toate procesele tehnologice din rafinăriile sale cu scopul măririi eficacității lor. Aceste studii cuprind:

1. Măsurarea variabilelor esențiale ale procesului.

2. Găsirea expresiei matematice care definește cea mai bună exploatare economică a fiecărui proces.

3. Stabilirea mijloacelor prin care să se obțină această exploatare economică.

Cu toate că scopul cercetărilor nu contrazice

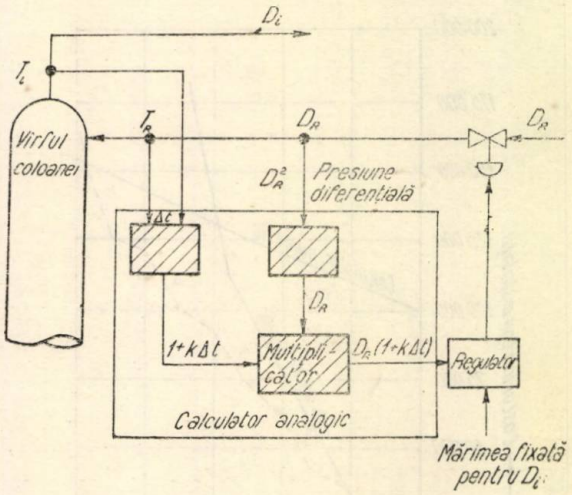


Fig. 6. Schema bloc a unui calculator analogic pentru reglarea optimală a unei coloane.

cele arătate totuși în aceste cercetări calculatorul complex este întrebuințat numai pentru experimentări care au de scop să determine caracteristicile procesului și determinarea procesului optim.

De îndată ce controlul optim a fost stabilit, calculatorul complex este înlocuit cu dispozitive mai simple care să realizeze o exploatare optimă în producția curentă. Pentru dirijarea procesului prin operator în acest caz se întrebuințează mai ales calculatori analogici simpli.

Calculatori numerici sau analogici?

În cazurile în care sînt întrebuințabili, calculatorii analogici în stadiul actual sînt mult mai simpli, siguri și mai puțin costisitori decît calculatorii numerici. Din această cauză asemenea calculatori sînt larg întrebuințați în sistemele în care apare o reglare cuprinzînd proporții sau cascade.

Calculatorii analogici electronici sînt foarte flexibili și deci adaptabili pentru controlul produsului final în legătură cu instrumente analizatoare, domeniu important și în dezvoltare.

Avantajele calculatorilor analogici apar în cazurile puțin complicate unde optimalizarea cu un calculator numeric nu poate fi justificată. Pentru o instalație tipică de coloană de fracționare costul unui calculator analog este de aproximativ 20 000 ruble. În comparație cu aceasta

costul celui mai mic calculator numeric disponibil este de aproximativ 140 000 ruble. În fig. 7 s-a comparat după un studiu făcut de J. PINK (ISA 4/1959) costurile calculatorilor numerici şi analogici în funcţie de variabilele procesului care se optimalizează. Din această diagramă — în care costurile respective se referă la instalaţia de automatizare în întregime — rezultă că un calculator analogic este recomandabil numai pentru procese tehnologice în care numărul de variabile care sînt întrebuinţate de calculator este mai mic de aproximativ 40. În calculatorii analogici nu se pot deci comanda centralizat procese tehnologice complexe. Dacă procesul tehnologic în ansamblu se poate conduce cu calculatori pe procese de producţie parţiale avînd fiecare maxim 20 variabile, avantajul de cost al conducerii prin calculatori analogici se menţine pînă la aproximativ 60—70 variabile pentru întreg procesul tehnologic (curba punctată). Avantajul calculatorilor numerici este incontestabil pentru conducerea centrală a unui proces complex cu un număr mare de variabile şi în orice ipoteză peste un număr de 60 variabile.

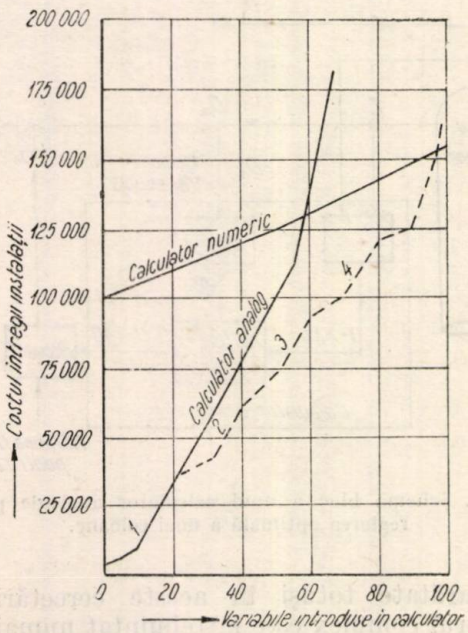


Fig. 7. Costul instalaţiilor cu calculator numeric sau digital (JOHN PINK).

Calculatorii numerici îşi găsesc de asemenea o aplicare interesantă în circuitele de reglare prin testare. Constantele de timp ale produselor industriale sînt de ordinul minutelor sau chiar a zecilor de minute şi deci viteza de testare cu scopul de a optimaliza procesul nu este restrictivă. În asemenea cazuri prin circuite de comutare un calculator numeric poate fi întrebuinţat în mai multe circuite de reglare.

Consideraţii finale

S-au examinat pe baza publicaţiilor făcute în literatura de specialitate 40 de introduceri în procese de producţie a calculatorilor — în general numerici — realizate în 1958—1959 sau în curs de realizare. Este vorba de automatizări complexe în care costul calculatorilor, inclusiv instalaţiile aferente lor, a depăşit uneori 1 milion ruble.

Pe categorii de industrii, aceşti calculatori s-au aplicat astfel :

16 cazuri se referă la rafinării de petrol şi industrie chimică ;

10 cazuri se referă la sisteme energetice ;

3 cazuri diverse (ciment, metalurgie) ;

11 cazuri staţii de experimentări tehnico-ştiinţifice.

Dacă ne referim la introducerile de calculatori analogici pentru procese de amploare limitată aceasta este considerată actualmente ca o practică curentă.

Conducerea proceselor industriale întrebuinţînd calculatori se face ca o perfecţionare faţă de sistemele de reglare convenţionale şi depinde de măsura în care procesul industrial este susceptibil de o asemenea perfecţionare. Toate cele trei feluri de întrebuinţare ale calculatorilor pentru a optimaliza procesul tehnologic necesită stabilirea caracteristicilor statice şi dinamice ale procesului şi alcătuirea programării calculatorului pentru a ţine seama de aceste caracteristici şi de criteriile de performanţă. Este posibil să se construiască calculatori care să aibă o acomodare automată în cazul cînd una sau mai multe din caracteristicile procesului se modifică. Totuşi, dacă calculatorul trebuie să ţină seama de schimbări a prea multe variabile, un asemenea calculator devine nepractic. Tehnologii fac actualmente studii foarte extinse pentru a determina dinamica proceselor continue şi deşi sînt numeroase domenii unde aceste determinări sînt satisfăcătoare, totuşi pentru introducerea unui control total prin calculatori sînt necesare încă numeroase studii.

Este cert că intrăm într-o fază în care calculatorii vor deveni un element component al sistemelor automate pentru că această încorporare are o justificare economică ; se realizează actualmente sisteme automate industriale cuprinzînd calculatori. Desigur că calculatorii mari cu întrebuinţare complexă vor fi destul de rari pentru că instalaţiile industriale obişnuite nu vor justifica costul lor. Pentru a introduce calculatorii în practică pentru media proceselor industriale trebuie să fie disponibili calculatori mici specializaţi. Este de aşteptat deci ca pentru aceste procese industriale, calculatorii să fie formaţi din module mici standardizate.

Pe de altă parte pentru că procesele industriale în ansamblu sînt complicate se prevede ca introducerea calculatorilor în sistemele automate să fie făcută în faza inițială în mare măsură pe porțiuni limitate din procesul de producție. În felul acesta stabilirea ecuațiilor, realizarea instalațiilor și aprecierea rezultatelor este considerabil mai simplă.

O asemenea metodă s-a aplicat cu succes în domeniul industriei petrolifere pentru modernizarea rafinăriilor. Pentru experimentări s-a întrebuințat un calculator numeric de tip general și în felul acesta s-a stabilit cel mai indicat sistem de automatizare de introdus care a fost apoi realizat cu calculatori specializați.

Experiența a arătat că calculatorii nu sînt indicați numai în instalațiile industriale mari în ansamblu. Instalarea lor poate fi economică în porțiuni dintr-un proces tehnologic automatizat și chiar pentru sisteme de reglare minore.

Aplicarea calculatorilor în industria din R.P.R.

Din considerentele și datele statistice expuse rezultă următoarele în ce privește activitatea de viitor în domeniul introducerii calculatorilor în industria noastră :

— Cu specificul industriei noastre, luînd în seamă și dezvoltarea ei de perspectivă, se impune o preocupare coordonată în țară pentru introducerea calculatorilor în optimalizarea proceselor industriale. În această categorie intră în primul rînd industriile petroliferă, chimică și energetică, care după cîte s-a văzut dețin în lume primul loc în aplicarea calculatorilor în sistemele de reglare ; intră în considerație de asemenea unele cazuri din industria siderurgică.

— Avem în țară specialiști cu experiență și realizări în domeniul construirii calculatorilor numerici și analogici. Afirmăm, ținînd seama de aceasta, că vor putea fi construiți în țară calculatori cu destinație industrială pentru a fi introduși în conducerea optimă a proceselor tehnologice în special la început în legătură cu sisteme de reglare de o complexitate medie sau redusă. Realizările și întrebuințarea calculatorilor din țară au fost dirijate în special spre scopuri științifice sau de calcule tehnice, ceea ce reprezintă o activitate normală pentru o primă etapă. Considerăm însă că este momentul să lărgim preocupările noastre. Etapa următoare pe care trebuie să o abordăm imediat este introducerea calculatorilor în industrie.

— Este necesar să se hotărască o studiere sistematică a cîtorva procese industriale tipice pentru ca — la fel cu activitatea în această direcție din alte țări — să se determine caracteristicile procesului și ecuațiile de optimalizare cu scopul introducerii calculatorilor în conducerea acestor procese. Introducerea experimentală a calculatorilor în sistemele de reglare existente și conceperea de sisteme de reglare adecvate unei asemenea automatizări va forma baza necesară pentru introducerea pe scară largă a calculatorilor. Această activitate va influența în primul rînd în mod favorabil rezultatele economice ale instalațiilor din țară și apoi va ajuta la dezvoltarea exportului de utilaj specializat pentru că trebuie să ne așteptăm că pe piața internațională se vor oferi în cîțiva ani instalații dotate cu un asemenea echipament modern. Trebuie însă ținut seamă că o asemenea activitate nu va putea da rezultate în industrie decît în aproximativ 2—3 ani și aceasta numai dacă se face după un plan bine stabilit. Din această cauză trebuie începută neîntîrziat. Propunerea noastră este ca pentru început această preocupare să fie preluată de Academia R.P.R. care în colaborare cu institutele de automatizări departamentale și cu ministerele interesate, în primul rînd MIPC și MIG să stabilească un program de lucru în această privință începînd cu 1960.

VASILE M. POPOV *

Contribuţie la problema programării optime în cazul maşinilor de calculat analogice**

CZ 681.142:621-52

1. Introducere

Precizia efectuării calculelor cu ajutorul maşinilor electronice analogice depinde de precizia elementelor componente ale maşinii, de caracterul soluţiei problemei studiate şi de modul particular în care se rezolvă problema cu ajutorul maşinii, cu alte cuvinte, de programarea adoptată [1], [2].

În prezenta lucrare se studiază influenţa acestui din urmă factor asupra preciziei calculelor. Se presupune că s-au luat măsurile tehnice necesare pentru a asigura o precizie satisfăcătoare a elementelor maşinii. Se mai presupune că soluţia studiată este caracterizată printr-o amortizare suficient de puternică [1].

2. Funcţionarea ideală a maşinii analogice

Se presupune că trebuie să se rezolve, cu ajutorul unei analogice de calcul, următoarea ecuaţie diferenţială :

$$\frac{dx}{dt} = Ax \qquad (2.1)$$

în care x este un vector cu n componente x_1, $x_2 \ldots x_n$, iar A este o matrice patrată cu n linii şi coloane, avînd elementele reale şi constante. Se presupune că soluţia banală $x = 0$ a sistemului (2.1) este asimptotic stabilă. În vederea rezolvării ecuaţiei (2.1) cu o maşină analogică este necesară aducerea ei la forma următoare :

$$\frac{dy}{dt} = -By - Cz \qquad (2.2)$$

$$z = -Dy - Fz \qquad (2.3)$$

în care y este un vector cu n componente, y_1, $y_2 \ldots y_n$; z — vector cu m componente, z_1, $z_2 \ldots z_m$; B — matrice constantă cu n linii şi n coloane; C — matrice constantă cu n linii şi m coloane; D — matrice constantă cu m linii şi n coloane; F — matrice constantă cu m linii şi m coloane.

Toate elementele matricilor B, C, D, F sînt pozitive sau nule[1]. La rezolvarea cu ajutorul maşinii analogice a sistemului (2.2) — (2.3) se desemnează, pentru fiecare componentă y_i a vectorului y un amplificator care îndeplineşte funcţia de sumator-integrator. Componenta y_i reprezintă mărimea de ieşire a acestui amplificator. În mod analog, pentru fiecare componentă z_i se desemnează un amplificator-sumator, mărimea de la ieşirea căruia va fi egală cu z_i. De notat că sistemul (2.2) — (2.3) descrie funcţionarea unei maşini analogice ideale, fără erori. Pentru ca sistemul (2.2) — (2.3) să descrie aceeaşi problemă cu sistemul (2.1) este necesar să fie îndeplinite anumite relaţii între vectorii şi matricile care intervin.

Se va nota cu E_m matricea unitate cu m linii şi m coloane.

Din ecuaţia (2.3) se obţine, în ipoteza că matricea $E_m + F$ este nesingulară :

$$Z = -(E_m + F)^{-1} Dy. \qquad (2.4)$$

Introducînd relaţia (2.4) în (2.2) se obţine :

$$\frac{dy}{dt} = [-B + C(E_m + F)^{-1} D]\, y. \qquad (2.5)$$

Urmează să se stabilească condiţii pentru ca ecuaţiile (2.5) şi (2.1) să fie echivalente. Vectorii y şi x trebuie să fie legaţi printr-o relaţie de forma :

$$y = Sx \qquad (2.6)$$

unde S este o matrice nesingulară oarecare, cu n linii şi coloane. Efectuînd schimbarea de variabilă (2.6) în ecuaţia (2.1) se obţine :

$$\frac{dy}{dt} = SAS^{-1} y. \qquad (2.7)$$

Echivalenţa între (2.5) şi (2.7) se realizează pentru :

$$-B + C(E_m + F)^{-1} D = SAS^{-1} \qquad (2.8)$$

3. Funcţionarea reală a maşinii analogice

Se va ţine seama de perturbaţiile care au loc în amplificatoare prin introducerea unor tensiuni echivalente de perturbaţii, la intrarea

---

* Ing. V. M. POPOV este şef de laborator la Institutul de Energetică al Academiei R.P.R.

** Comunicare la Consfătuirea tehnico-ştiinţifică asupra maşinilor de calcul, Bucureşti, 13—15 ianuarie 1960.

[1] Se ştie că dacă sistemul studiat are soluţii slab amortizate erorile maşinilor analogice sînt mai pronunţate, ele putînd duce chiar la schimbarea caracterului calitativ al soluţiilor. De exemplu, un sistem stabil, dar apropiat de frontiera domeniului de stabilitate, studiat cu maşini analogice, poate să apară ca fiind nestabil.

[2] Dacă toate elementele matricei A sînt negative, atunci cel mai simplu sistem de forma (2.2) — (2.3) se obţine luînd : $y = x$, $z = 0$, $B = -A$, $C = D = F = 0$.

amplificatoarelor (pe grilă). În locul ecuațiilor (2.2) și (2.3) care descriu funcționarea ideală a mașinii, intervin următoarele ecuații :

$$\frac{d\tilde{y}}{dt} = -B\tilde{y} - C\tilde{z} - Pu \qquad (3.1)$$

$$\tilde{z} = -D\tilde{y} - F\tilde{z} - Qv \qquad (3.2)$$

în care u este un vector cu n dimensiuni, ale cărui componente u_i reprezintă tensiunile echivalente de perturbații care acționează la intrarea integratorilor ; v — un vector cu m dimensiuni, ale cărui componente v_i reprezintă tensiunile echivalente de perturbații de la intrarea sumatorilor[3], P și Q — matrici diagonale, pătrate, cu n (respectiv m) linii și coloane.

Presupunînd că factorul de amplificare al amplificatoarelor este infinit de mare, fiecare element p_{ii} al matricei P este dat de expresia :

$$p_{ii} = \frac{1}{C_i} Y_i, \qquad i = 1,2 \ldots n \qquad (3.3)$$

în care Y_i este admitanța totală, măsurată între grila de intrare a amplificatorului i și masă, iar C_i reprezintă capacitatea de reacție. Analog, elementele q_{ll} ale matricei Q sînt date de relația :

$$q_{ll} = R_l Y_l, \qquad l = 1, 2 \ldots m \qquad (3.4)$$

R_l fiind rezistența de reacție a sumatorului respectiv.

4. Ipoteze asupra perturbațiilor care au loc în mașină

Se presupune că toate componentele u_l și v_i ale vectorilor u și v [(3.1) și (3.2)] sînt funcții întîmplătoare de timp. Se consideră că între oricare două componente din șirul $u_1 \ldots \ldots u_n$, $v_1 \ldots v_n$ nu există nici o corelație. Se mai presupune că toate aceste funcții întîmplătoare sînt staționare. Valorile medii ale mărimilor u_i și v_i se presupun nule. Densitățile spectrale ale mărimilor u_i și v_i se presupun identice între ele. Se va nota cu $G(f)$ această densitate spectrală comună.

Ipotezele de mai sus sînt cu atît mai mult îndeplinite cu cît, printr-o construire judicioasă a mașinii, s-au redus într-o mai mare măsură erorile sistematice, neomogenitățile de fabricație a diferitelor elemente și cuplajul dintre elemente prin intermediul surselor comune de alimentare.

5. Efectul perturbațiilor asupra funcționării mașinii

Prezența termenilor Pu și Qv în ecuațiile (3.1) — (3.2) atrage o eroare a mașinii, eroare care depinde de matricile B, C, D și F. Întrucît, pentru o matrice A dată există mai multe posibilități de a alege matricile B, C, D și F (punctul 2), se ridică problema de a determina valorile cele mai convenabile ale acestor matrici din punctul de vedere al preciziei. Se consideră deci o familie de sisteme de forma (3.1) — (3.2) satisfăcînd condițiile stabilite la punctul 2. Compararea acestor soluții nu se poate face studiind direct sistemele de tipul (3.1) — (3.2) întrucît (relația 2.6) odată cu schimbarea sistemului se schimbă și soluția studiată. Un criteriu just de comparație se obține efectuînd asupra diferitelor sisteme (3.1) — (3.2) transformarea [inversă față de relația (2.6)] :

$$\tilde{x} = S^{-1}\tilde{y}.$$

Eliminînd variabila $\tilde{z}$ din sistemul (3.1) — (3.2) și efectuînd schimbarea de variabilă (5.1) se obține, ținînd seama de relația (2.8) :

$$\frac{d\tilde{x}}{dt} = A\tilde{x} + Mv(t) - Nu(t) \qquad (5.2)$$

în care

$$M = S^{-1} C (E_m + F)^{-1} Q \qquad (5.3)$$

$$N = S^{-1} P \qquad (5.4)$$

Ecuația (5.2) diferă de ecuația (2.1) prin prezența termenilor Mv și Nu, care corespund perturbațiilor care au loc în mașina de calcul.

6. Criteriu de comparație între diferitele programări posibile

Se consideră sistemul (5.2). Sistemul fiind liniar, soluția lui va putea fi descompusă în suma a doi termeni :

$$\tilde{x}(t) = x(t) + x_p(t) \qquad (6.1)$$

în care $x(t)$ reprezintă soluția sistemului pentru $u = v = 0$ (deci soluția mașinii ideale), iar $x_p(t)$ reprezintă efectul tensiunilor perturbatoare u și v. Soluția $x_p(p)$ este o funcție întîmplătoare staționară.

Drept criteriu de comparație se va alege expresia[4] :

$$I = \lim_{T \to 8} \frac{1}{2T} \int_{-T}^{+T} \sum_{i=1}^{n} x_{pi}^2(t)\, dt \qquad (6.2)$$

în care $x_{pi}(t)$ sînt componentele vectorului $x_p(t)$.

Utilizînd metodele dezvoltate în teoria statistică a sistemelor automate [3] și ținînd seama

[3] Tensiunile u_i și v_i pot fi considerate ca fiind independente de rețeaua de reacție [1].

[4] Evident, expresia (6.2) nu poate fi decît pozitivă sau nulă. Expresia este nulă numai în cazul unei mașini ideale și este cu atît mai mare cu cît sînt mai mari erorile mașinii. Criteriul (6.2) poate fi înlocuit cu un criteriu mai general, atribuind fiecărui termen din integrant o ponderе diferită

de ipotezele expuse la punctul 4 se poate calcula valoarea coeficientului I, obținînd expresia :

$$I = \int_{-\infty}^{+\infty} H(f)\, G(f)\, df \qquad (6.3)$$

în care $G(f)$ este densitatea spectrală introdusă la punctul 4, iar $H(f)$ are expresia :

$$H(f) = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} |k_{ij}(f)|^2 + \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} |l_{ij}(f)|^2 \qquad (6.4)$$

în care $k_{ij}(f)$ sînt elementele matricii $K(f)$ avînd următoarea expresie :

$$K(f) = -(2\pi i f E_n - A)^{-1} N \qquad (6.5)$$

iar $l_{ij}(f)$ sînt elementele matricii $L(f)$ avînd expresia :

$$L(f) = (2\pi i f E_n - A)^{-1} M. \qquad (6.6)$$

În expresiile (6.5) și (6.6) E_n reprezintă matricea unitate cu n linii și coloane, iar M și N sînt date de (5.3) și (5.4). Programarea optimă va fi aceea pentru care expresia (6.3) este minimă. Calculele de mai sus pot fi refăcute în ipoteze mai generale decît cele de la punctul 4.

7. Studiul unui caz particular

Considerațiile de mai sus se vor continua tratînd un caz particular care reprezintă interes în aplicații.

Se consideră problema (2.1). Matricea A va fi scrisă sub forma :

$$A = -B + C \qquad (7.1)$$

în care elementele b_{ij} și c_{ij} ale matricilor B și C sînt definite prin relațiile :

$$b_{ij} = \begin{cases} -a_{ij} & \text{dacă} \quad a_{ij} < 0 \\ 0 & \text{dacă} \quad a_{ij} \geqslant 0 \end{cases} \qquad (7.2)$$

$$c_{ij} = \begin{cases} a_{ij} & \text{dacă} \quad a_{ij} > 0 \\ 0 & \text{dacă} \quad a_{ij} \leqslant 0 \end{cases} \qquad (7.3)$$

Sistemul corespunzător sistemului (2.2), (2.3) :

$$\frac{dy}{dt} = -RBR^{-1} y - RCz \qquad (7.4)$$

$$z = -R^{-1} y \qquad (7.5)$$

unde R este o matrice diagonală cu elementele diagonale r_{ii} pozitive, îndeplinește condițiunile cerute sistemului (2.2) — (2.3).

Este ușor de văzut că transformarea corespunzătoare transformării (2.6) este :

$$y = Rx \qquad (7.6)$$

Funcționarea reală a mașinii analogice va fi dată de sistemul corespunzător sistemului (3.1) — (3.2) :

$$\frac{d\tilde{y}}{dt} = -RBR^{-1} \tilde{y} - RC\tilde{z} - Pu \qquad (7.7)$$

$$\tilde{z} = -R^{-1} \tilde{y} - Qv \qquad (7.8)$$

în care matricile P și Q sînt definite prin relațiile (3.3) și (3.4). Se va presupune că cuplajul dintre ieșirea unui amplificator și intrarea altui amplificator se realizează printr-o rețea de forma din fig. 1 :

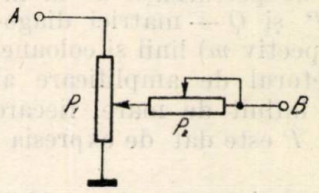


Fig. 1. Rețea de cuplaj între amplificatoare : A — ieșirea unui amplificator ; B — intrarea unui amplificator ; P_1 și P_2 — potențiometre.

Fie α_{ij}, β_{ij}, γ_{ij} coeficienții de transfer în gol ai rețelei din fig. 1 pentru intrări și ieșiri definite după cum urmează : α_{ij} — pentru rețele dispuse între ieșirea unui integrator și intrarea unui integrator ; β_{ij} — pentru rețele dispuse între ieșirea unui sumator și intrarea unui integrator ; γ_{ij} — pentru rețele dispuse între ieșirea unui integrator și intrarea unui sumator.

În acest caz, se arată ușor, recurgînd la relațiile (3.3) și (3.4) și alegînd parametrii rețelelor de cuplaj în concordanță cu ecuațiile (7.4) și (7.5), că elementele matricilor P și Q au expresiile :

$$p_{ii} = \sum_{j=1}^{n} \frac{1}{\alpha_{ij}} \frac{r_{ii}}{r_{jj}} b_{ij} + \sum_{j=1}^{n} \frac{r_{ii}}{\beta_{ij}} c_{ij} \qquad (7.9)$$

$$q_{ii} = \sum_{j=1}^{n} \frac{1}{\gamma_{ij}\, r_{jj}} . \qquad (7.10)$$

Matricile M și N care intervin în ecuațiile (5.2) vor avea în acest caz expresiile [corespunzătoare relațiilor (5.3) și (5.4)] :

$$M = R^{-1} CQ \qquad (7.11)$$

$$N = R^{-1} P. \qquad (7.12)$$

În consecință, elementele m_{ij} și n_{ij} ale acestor matrici au expresiile (7.9) și (7.10) :

$$m_{ij} = \frac{1}{r_{ii}} \sum_{j=1}^{n} c_{ij} \left(\sum_{l=1}^{n} \frac{1}{\gamma_{jl}\, r_{ll}} \right) \qquad (7.13)$$

$$n_{ij} = \sum_{j=1}^{n} \frac{1}{\alpha_{ij}} \frac{b_{ij}}{r_{jj}} + \sum_{j=1}^{n} \frac{c_{ij}}{\beta_{ij}} . \qquad (7.14)$$

Problema care se pune este de a alege parametrii arbitrari α_{ij}, β_{ij}, γ_{ij}, r_{ii}, astfel încît integrala (6.3) să fie minimă. Este ușor de văzut că expresia I (6.3) este cu atît mai mică cu cît valorile parametrilor α_{ij}, β_{ij}, γ_{ij} și r_{ii} sînt mai mari.

Valorile maxime ale parametrilor α_{ij}, β_{ij} şi γ_{ij} sînt însă egale cu 1 (fig. 1). În consecinţă, din punctul de vedere al preciziei, situaţia optimă se obţine în cazul în care reţeaua de cuplaj nu conţine potenţiometri cu o bornă pusă la masă. Cît priveşte valorile maxime ale parametrilor r_{ii} ele depind de soluţia studiată deci, în ultimă analiză de condiţiile iniţiale pentru care trebuie rezolvată ecuaţia (2.1). Din relaţia (7.6) se obţine :

$$[y_i(t)]_{max} = r_{ii}(x_i(t)]_{max} \qquad (7.15)$$

Întrucît are loc inegalitatea :

$$|y_i(t)| \leqslant 1 \qquad (7.16)$$

în care $y_i(t)$ este exprimat în unităţi ale maşinii, $(r_{ii})_{max}$ este dat de relaţia dedusă din (7.15) :

$$(r_{ii})_{max} = \frac{1}{|[x_i(t)]_{max}|} \qquad (7.17)$$

Valorile $[x_i(t)]_{max}$ se pot aprecia pe baza unei soluţii prealabile, mai puţin precise, obţinută cu ajutorul maşinii analogice.

8. Concluzii

În cele prezentate a fost studiată influenţa programării asupra preciziei calculelor efectuate cu o maşină analogică la rezolvarea ecuaţiilor diferenţiale de tipul (2.4). Drept criteriu pentru compararea calităţii diferitelor programări s-a propus integrala (6.2) care este cu atît mai mică cu cît calitatea programării considerate este mai bună. Cazul particular analizat în lucrare arată că programarea optimă depinde de condiţiile iniţiale pentru care trebuie rezolvată problema.

Criteriile obţinute pe această cale au, evident, numai un rol orientativ. Deseori, de exemplu, va fi convenabil să se utilizeze ca elemente de cuplaj potenţiometri cu o bornă pusă la masă, deşi precizia maximă se obţine în cazul în care nu sînt utilizate asemenea potenţiometre. De asemenea, condiţia ca toate tensiunile maxime de la ieşirea integratoarelor să fie comparabile cu unitatea de tensiune a maşinii [relaţia (7.16)] nu va putea fi decît aproximativ realizată, mai ales în cazul în care se cere soluţia problemei pentru o gamă largă de condiţii iniţiale. Trebuie însă evitate programările care conduc la abateri prea mari faţă de condiţiile de optimum.

BIBLIOGRAFIE

[1] KORN G. A. şi KORN T. M. : *Electronic analog computers*, Ediţia II, Mc Graw-Hill, New York, 1956.

[2] KOGAN B. IA. : *Elektronîie modeliruiuşcie ustroistva*, Gosudarstvenoe izdatelstvo fiz.-mat. literatura, Moscova, 1959.

[3] JAMES H. M., NICHOLS N. B. şi PHILLIPS R. S. : *Theory of Servomechanisms*, M.I.T. Radiation Laboratory Series, 25 (1947), Mc Graw-Hill, New York.

DORIN POENARU*

Integrator pentru măsurarea vitezei de numărare

CZ 621.314.32 :621.387.4

Ţara noastră dispune de condiţiile necesare aplicării pe scară industrială a metodelor de măsură şi control bazate pe utilizarea izotopilor radioactivi, datorită ajutorului acordat de către Uniunea Sovietică prin construirea reactorului atomic al Institutului de Fizică Atomică al Academiei R.P.R. În aplicaţiile industriale şi medicale cu radioizotopi şi în experienţele de fizică nucleară sînt utilizate pe scară largă metodele electronice de detectare şi măsurare a radiaţiilor nucleare.

Dată fiind marea varietate de aplicaţii în care poate fi utilizat integratorul care va fi descris, prezenta lucrare îşi propune să sintetizeze bogatul material documentar existent, să dea o metodă de proiectare a circuitului de integrare şi să descrie un aparat complet realizat în Laboratorul de electronică pentru fizica nucleară al I.F.A.

*

Prezenţa unei anumite particule elementare sau cuante poate fi pusă în evidenţă datorită proprietăţilor ei specifice de interacţiune cu materia. Ca rezultat al ionizării iniţiate la trecerea particulei prin volumul său sensibil, traductorul furnizează o mărime electrică (impuls de tensiune sau curent) care este apoi măsurată cu ajutorul aparaturii electronice. Tipurile de traductoare frecvent utilizate sînt : camerele de ionizare ; contoarele proporţionale ; contoarele Geiger-Müller ; contoarele cu scintilaţie.

Aparatura electronică prelucrează informaţiile obţinute de la traductor, permiţînd să se determine „viteza de numărare", adică numărul mediu de particule sau cuante interceptate de detectorul de radiaţii în unitate de timp.

* Ing. D. POENARU este inginer la Institutul de Fizică Atomică al Academiei R.P.R.

Aparate pentru măsurarea vitezei de numărare

După modul în care se obţine indicaţia finală există două categorii de aparate electronice utilizate pentru măsurarea vitezei de numărare : numărătoare şi integratoare (aparate cu citire directă).

Faţă de integratoare, numărătoarele oferă un mare grad de precizie limitat numai de fluctuaţiile statistice ale fenomenului, dar au o serie de dezavantaje, dintre care se pot menţiona :

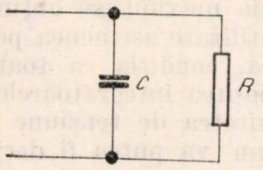


Fig. 1. Circuit de integrare.

pentru a se putea determina viteza de numărare, numărării trebuie să i se asocieze o măsurătoare de timp ;

nu se poate obţine o înregistrare continuă a vitezei de numărare ;

nu pot fi puse în evidenţă variaţii de scurtă durată într-un sens sau în altul, în jurul valorii medii ;

nu se poate furniza o tensiune continuă pentru comandă, reglaj sau semnalizare.

Aparatele cu citire directă nu prezintă nici unul din aceste dezavantaje şi de aceea este recomandabil să fie utilizate în orice măsurători în care interesează variaţia vitezei de numărare, cu atît mai mult cu cît printr-o îngrijită proiectare se poate obţine o precizie bună, eroarea fiind redusă la 1% din indicaţia maximă [2] şi în plus instrumentul de măsură poate fi etalonat nu numai în imp/minut, ci şi în unităţi de măsură ale mărimii fizice de măsurat (de exemplu miliröntgen, dacă aparatul se foloseşte în dozimetrie sau centimetri dacă este folosit pentru măsurări de grosimi).

Principiul de funcţionare a aparatelor cu citire directă este simplu. Ele au ca element principal un circuit de integrare RC (fig. 1), la bornele căruia se obţine o tensiune proporţională cu viteza de numărare. Dacă se utilizează ca traductor o cameră de ionizare, atunci circuitul RC este alimentat direct de către cameră şi pentru a măsura tensiunea cvasicontinuă foarte mică ce se obţine este necesar un electrometru electronic.

Aparatul care face obiectul acestei lucrări efectuează integrarea numai după o amplificare şi formare prealabilă a impulsurilor date de traductor. Astfel de aparate sînt cunoscute în literatura de specialitate sub denumirea de „Counting Rate Meters", fiind de fapt nişte frecvenţmetre cu citire directă specializate (în sensul că impulsurile care se aplică circuitului de integrare nu au o succesiune periodic în timp datorită naturii întîmplătoare a proceselor de dezintegrare nucleară).

Pentru fiecare impuls aplicat circuitului trebuie ca sarcinii înmagazinate în capacitatea C să i se adauge o sarcină constantă q. Curentul care circulă prin rezistenţă va fi $i = q \cdot n$, n fiind numărul de impulsuri în unitatea de timp. Un microampermetru montat în serie cu R, sau un voltmetru electronic în paralel, poate fi etalonat în unităţi ale vitezei de numărare (imp/minut). Dacă se măsoară curentul, dezavantajul constă în faptul că pentru a obţine o mică tensiune la bornele circuitului (necesară unei bune liniarităţi), utilizînd un instrument obişnuit (100 μA sau 1 mA), rezistenţa R trebuie să fie mică şi astfel este dificil să se asigure o constantă de timp suficient de mare necesară la viteze mici de numărare. De aceea, se preferă să se măsoare tensiunea cu toate că în acest caz există un alt dezavantaj : trebuie să ne asigurăm că deriva posibilă a nulului voltmetrului electronic este cel puţin cu un ordin de mărime mai mică decît tensiunea pe circuit.

Există două tipuri de integratoare :

Integrator cu triodă sau pentodă (fig. 2, *a*), Acesta utilizează un tub negativat sub tensiunea de tăiere. Fiecare impuls pozitiv aplicat pe grilă îl face să conducă, producînd încărcarea capacităţii C_2.

Integrator cu diode. Condensatorul de dozare C_1 se încarcă prin dioda D_1 şi se descarcă prin D_2 în circuitul de acumulare R_2C_2.

Circuitele de integrare de primul tip oferă o precizie mai mică decît cele cu diodă, deoarece sînt mai mult influenţate de variaţia parametrilor tuburilor ; în schimb, aceste circuite sînt

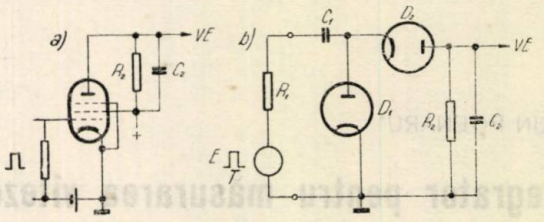


Fig. 2. Tipuri de integratoare :
a — integrator cu pentodă ; *b* — integrator cu diode şi capacitate de dozare.

mai simple, deoarece se utilizează ca tub integrator unul din tuburile circuitului basculant monostabil, care standardizează impulsurile.

Integratorul cu diode

Considerăm că se aplică circuitului din fig. 2, *b* o succesiune de impulsuri periodice pozitive cu frecvenţa de repetiţie n, de amplitudine E şi durată T. Într-o primă aproximaţie se neglijează impedanţa de ieşire a sursei de excitaţie şi se presupune că diodele D_1 şi D_2 au caracteristici ideale (pentru $u_k > u_a$ au $r_i = 0$, iar pentru $u_k \leqslant u_a$ au $r_i = \infty$).

Condensatorul de dozare C_1 este încărcat prin dioda D_1 în timpul duratei primului impuls la tensiunea E înmagazinînd o sarcină electrică C_1E. În acest timp, circuitul R_2C_2 în serie cu

dioda D_2 este scurtcircuitat de către dioda D_1. După încetarea impulsului, D_1 nu mai conduce dar conduce D_2 producînd o redistribuire de sarcini între C_1 şi C_2 (C_1 se descarcă şi C_2 se

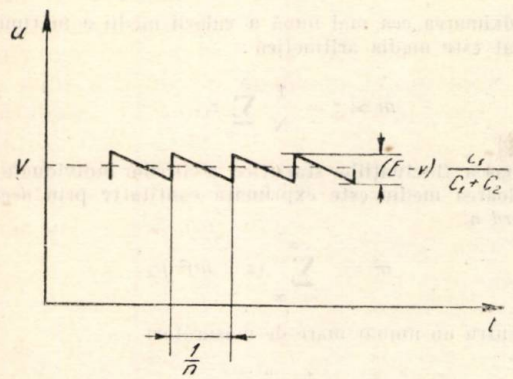


Fig. 3. Tensiunea de regim la bornele integratorului în cazul aplicării unor impulsuri periodice.

încarcă). În intervalul dintre două impulsuri succesive, sarcina $C_2 \frac{C_1}{C_1+C_2} E$ primită de către C_2 se micşorează exponenţial datorită curentului care curge prin R_2. Următoarele impulsuri fac să crească sarcina acumulată de C_2 deci şi tensiunea u la bornele circuitului de integrare R_2C_2. La un moment dat se obţine un echilibru între sarcina primită şi sarcina cedată, iar variaţia tensiunii de ieşire este de forma celei din fig. 3.

Sarcina primită [3] este

$$(E - v)\frac{C_1}{C_1+C_2} C_2$$

iar sarcina cedată

$$v\left[1 - \exp\left(-\frac{\frac{1}{n}}{R_2 C_2}\right)\right] C_2 .$$

Deoarece se ia $R_2C_2 \gg \frac{1}{n}$, putem neglija termenii superiori din dezvoltarea în serie a exponenţialei, deci :

$$1 - \exp\left(-\frac{\frac{1}{n}}{R_2 C_2}\right) \simeq \frac{\frac{1}{n}}{R_2 C_2} .$$

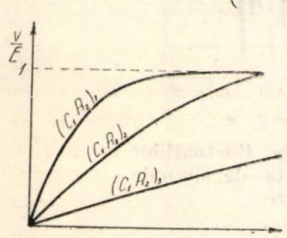


Fig. 4. Dependenţa tensiunii de ieşire a integratorului de frecvenţă de repetiţie a impulsurilor.

Egalînd sarcina primită cu cea cedată

$$(E - v)\frac{C_1}{C_1+C_2} C_2 = v\left[1 - \exp\left(-\frac{\frac{1}{n}}{R_2 C_2}\right)\right] C_2 = \frac{v}{nR_2}$$

şi luînd $C_2 \gg C_1$ pentru a micşora variaţiile de tensiune la ieşire se obţine

$$v = nR_2C_1 (E - v)$$

de unde

$$v = \frac{C_1Rn}{1 + C_1Rn} E \qquad (1)$$

care arată că relaţia între v şi n este neliniară (fig. 4).

Porţiunea iniţială a curbei $v(n)$ este liniară. Într-adevăr dacă $v \ll E$ atunci

$$v = nR_2C_1E. \qquad (2)$$

Această relaţie se poate obţine direct printr-un raţionament simplu. Considerînd de la început că $C_2 \gg C_1$ şi $v \ll E$, rezultă că fiecare impuls face să se acumuleze în capacitatea C_2 o sarcină C_1E, deci curentul prin R_2 va fi nEC_1 (sarcina în unitate de timp).

Integrator liniar

Problemele importante care trebuie rezolvate la realizarea unui integrator liniar de precizie [5] sînt următoarele :

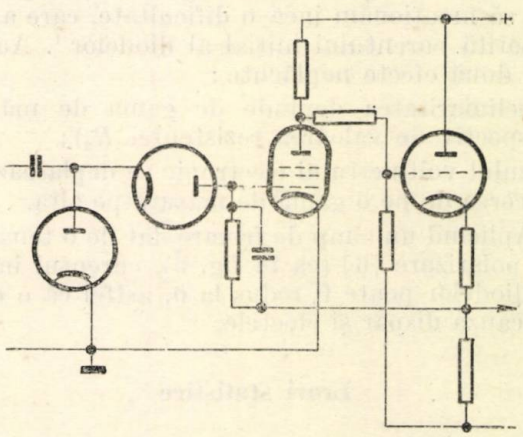


Fig. 5. Circuitul de integrare utilizat ca element de reacţie al amplificatorului de curent continuu.

1) sarcina primită de către condensatorul de acumulare la fiecare impuls aplicat să fie constantă ;

2) influenţa variaţiei parametrilor tuburilor şi elementelor de montaj să fie minimă ;

3) constanta de timp a circuitului de acumulare să aibă o mărime adecvată fără să se introducă erori datorită pierderilor nedorite.

Prima problemă este simplificată dacă potenţialul punctului în care se aplică sarcina este menţinut aproape constant, indiferent de sarcina prezentă pe capacitate. Aceasta se poate obţine dacă se utilizează circuitul de acumulare ca element de reacţie a amplificatorului de curent continuu care constituie voltmetrul electronic (de exemplu, ca în montajul din fig. 5).

Dacă amplificatorul fără reacţie are o amplificare A, atunci în cazul unei reacţii negative totale variaţia tensiunii la intrarea amplifica-

torului este $1/(1 + A)$ din variaţia tensiunii de ieşire. Este deci suficient să se obţină un cîştig $A = 100$. Utilizarea reacţiei negative rezolvă şi a doua problemă.

Problema a treia este mai dificilă pentru că realizarea unei constante de timp mari este limitată de rezistenţa de pierderi a condensatorului de acumulare (este necesar un condensator de capacitate mare de foarte bună calitate) şi pierderile care au loc în montaj. Impedanţa de intrare a voltmetrului electronic trebuie să fie suficient de mare. Uneori, pentru a obţine constanta de timp dorită, este necesar să se utilizeze circuite Miller [6]. Alegerea celei mai potrivite valori a constantei de timp poate fi făcută numai cunoscînd influenţa acesteia asupra erorii statistice şi a vitezei de răspuns. Înainte de a trece la interpretarea statistică a rezultatelor obţinute cu integratorul, este necesar să menţionăm încă o dificultate, care apare datorită curentului iniţial al diodelor [1]. Acesta are două efecte neplăcute :

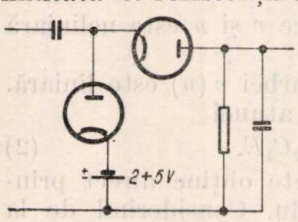


Fig. 6. Circuit integrator cu tensiune de polarizare pentru anularea curentului iniţial al diodelor.

neliniaritatea depinde de gama de măsură (respectiv de valoarea rezistenţei R_2) ;

nulul voltmetrului electronic se deplasează la trecerea de pe o gamă de măsură pe alta.

Aplicînd un cîmp de frînare dat de o tensiune de polarizare [6] (ca în fig. 6), curentul iniţial al diodelor poate fi redus la 0, astfel că o dată cu cauza dispar şi efectele.

Erori statistice

Specific fenomenelor de dezintegrare radioactivă este natura lor statistică probabilistică. Datorită fluctuaţiilor statistice proprii sursei radioactive, impulsurile nu au o succesiune periodică în timp (intervalul de timp între două impulsuri succesive nu este constant) şi astfel acul instrumentului indicator are o serie de oscilaţii în jurul valorii medii în tot timpul măsurării. Amplitudinea acestor oscilaţii depinde de valoarea constantei de timp a circuitului de integrare, după cum se poate vedea din fig. 7, în care este dat rezultatul unei înregistrări în prezenţa unei surse radioactive de activitate constantă. Rezultatele obţinute necesită o interpretare statistică.

Eroarea datorită fluctuaţiilor statistice [7] se numeşte eroare statistică. Dacă un fenomen statistic este repetat de N ori (se fac N experienţe în aceleaşi condiţii) se observă că în fiecare măsurătoare mărimea de determinat x ia o anumită valoare x_j, care se repetă de n_j ori. Probabilitatea de apariţie a evenimentului x_j este

$$p_j \equiv \lim_{N\to\infty} \frac{n_j}{N} ; \quad \sum p_j = 1$$

Aproximarea cea mai bună a valorii medii a mărimii de măsurat este media aritmetică :

$$m \simeq \bar{z} = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N} z_i .$$

Valoarea fluctuaţiilor statistice a citirilor individuale faţă de valoarea medie este exprimată cantitativ prin *deviaţia standard* σ.

$$\sigma^2 = \sum_{z=-\infty}^{+\infty} (z - m)^2 \, p_x$$

sau pentru un număr mare de măsurători

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} (z_i - m)^2 .$$

Pentru procese întîmplătoare, a căror probabilitate de apariţie este mică şi constantă, este valabilă distribuţia Poisson adică probabilitatea de a obţine într-o măsurătoare n impulsuri, valoarea medie fiind n, este :

$$p_n = \frac{(\bar{n})^n}{n!} \exp (-\bar{n}) \qquad (3)$$

pentru care deviaţia standard $\sigma = \sqrt{\bar{n}}$. Probabilitatea să se obţină erori mai mari de σ este numai de 32 %. Eroarea care are probabilitatea 50 % să fie întrecută se numeşte eroare probabilă (r_x) şi este legată de deviaţia standard prin relaţia

$$r_x = 0{,}6745 \ \sigma \qquad (4)$$

În cazul integratoarelor, circuitul RC produce o interdependenţă exponenţială a observaţiilor succesive faţă de toate observaţiile anterioare şi pentru aceasta este necesară o teorie statistică specială. Presupunem că sarcina Q înmagazinată în condensatorul de acumulare este nulă la $t = 0$, cînd o sursă radioactivă cu perioada de înjumătăţire suficient de mare începe să producă la intrare impulsuri întîmplătoare, distribuite cu viteza medie aconstantă n. Dacă la fiecare impuls în circuitul de măsură se acumulează o sarcină q, la un moment t curentul prin instrument, determinat de apariţia unui impuls la $t = 0$ este [8] $i = q \cdot f(t)$ şi deoarece

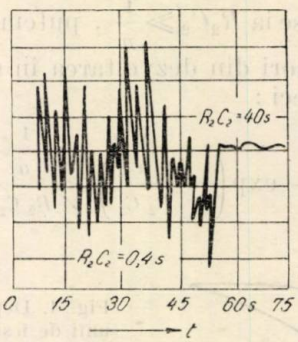


Fig. 7. Dependenţa fluctuaţiilor statice de constanta de timp de integrare.

$$\int_0^{\infty} q \cdot f(t) \cdot dt = q$$

rezultă

$$\int_0^{\infty} f(t) \, dt = 1.$$

[1] Pentru $u_{ak} = 0$, există un curent datorită electronilor care, fiind emişi de catodul incandescent, reuşesc să ajungă pe anod în lipsa tensiunii acceleratoare.

Pentru n impulsuri pe secundă, curentul prin instrument este

$$I(t) = nq \int_0^t f(t-\tau)\,d\tau = nqF(t)$$

$F(t)$ este răspunsul circuitului de integrare la saltul unitar (funcţia tranzitorie).

Numărul mediu de particule în intervalul de timp $d\tau$ este $n\,d\tau$ cu deviaţia standard $\sqrt{n\,d\tau}$. Pentru curent rezultă o fluctuaţie $\sqrt{n\,d\tau}\cdot q\cdot f(t-\tau)$. Pentru o citire individuală fluctuaţia la un timp t este

$$\Delta I = q\sqrt{n\int_{-\infty}^{t} f^2(t-\tau)\,d\tau} = q\sqrt{n\int_0^{\infty} f^2(\tau)\,d\tau}$$

Indicaţia la echilibru

$$I_0 = nq\int_{-\infty}^{t} f(t-\tau)\,d\tau = nq\int_0^{\infty} f(\tau)\,d\tau = nq.$$

Fluctuaţia relativă

$$\varepsilon = \frac{\Delta I}{I_0} = \frac{1}{\sqrt{N}}\sqrt{\int_0^{\infty} f^2(\tau)\,d\tau} \text{ sau } \varepsilon = \frac{1}{\sqrt{nT_f}}$$

unde s-a notat $T_f = \dfrac{1}{\int_0^{\infty} f^2(\tau)\,d\tau}$. Eroarea probabilă procentuală

$$\varepsilon_r = \frac{0{,}6745}{\sqrt{nT_f}}. \qquad (5)$$

Relaţia obţinută arată că pentru a avea o fluctuaţie mică este necesar ca T_f să fie mare. Pe de altă parte, dacă T_f este mare, timpul de stabilire a indicaţiei finale este mare. Un exemplu va lămuri aceasta. La circuitul de integrare convenţional

$$F(t) = 1 - \exp\left(-\frac{t}{R_2C_2}\right) \text{ deci } f(t) = \frac{1}{R_2C_2}\exp\left(-\frac{t}{R_2C_2}\right);$$

$$T_f = 2\,R_2C_2; \quad \varepsilon_r = \frac{0{,}6745}{\sqrt{2n\,R_2C_2}}.$$

Pentru a se obţine o indicaţie care să nu difere cu mai mult de Δ faţă de valoarea finală, este necesar să treacă un timp T_Δ (admiţînd condiţii iniţiale nule)

$$1 - \Delta = 1 - \exp\left(-\frac{T_\Delta}{R_2C_2}\right)$$

deci

$$T_\Delta = -R_2C_2\ln\Delta = -\frac{\ln\Delta}{2}\,T_f.$$

Pentru $\Delta = 0{,}02$[2] $T_\Delta \simeq 4\,R_2C_2$ şi $\dfrac{T_\Delta}{T_f} = 2$. Cu circuite mai complicate [8] se poate realiza un raport $\dfrac{T_\Delta}{T_f}$ mai mic, deci se poate obţine un compromis convenabil între viteza de răspuns şi valoarea fluctuaţiilor.

[2] De fapt interesează timpul după care tensiunea de ieşire nu diferă cu mult mai de r_x faţă de valoarea finală adică [7]:

$$T_r = C_2R_2\left(0{,}394 + \frac{1}{2}\ln 2nR_2C_2\right).$$

Erori datorite timpului de rezoluţie finit

Detectorii de radiaţii au o anumită durată de rezoluţie, care depinde de caracteristicile lor constructive. Aceasta înseamnă că după fiecare impuls înregistrat, contorul nu răspunde la alt impuls, decît după un timp mai mare sau egal cu timpul său de rezoluţie τ. Deci sistemul de

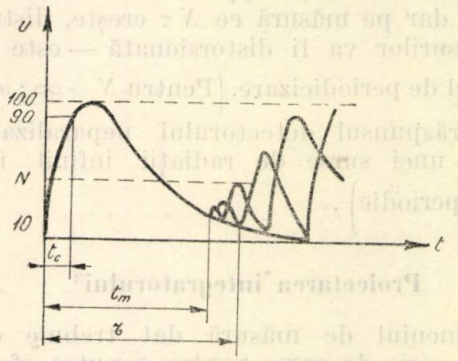


Fig. 8. Forma impulsurilor de tensiune negative date de contoarele GM:
t_c – timp de creştere; t_m – timp mort; τ – timp de rezoluţie; N – pragul de sensibilitate al aparaturii electronice.

numărare numără de fapt intervalele, şi datorită timpului mort, vor exista pierderi de numărare şi distorsiuni ale distribuţiei, cu atît mai mult cu cît intervalele mici au probabilitate de apariţie mai mare decît intervalele mari (dacă perioada de repetiţie medie este $1/n$, probabilitatea ca intervalele să fie mai mici ca $1/n$ este 63%) [7].

Oscilograma impulsurilor negative date de contoarele GM este de forma din fig. 8 [9].

Detectorii de radiaţii sînt de două tipuri [7]: paralizabili şi neparalizabili.

Detectorii paralizabili numără numai acele intervale care sînt mai mari ca τ. Orice impuls

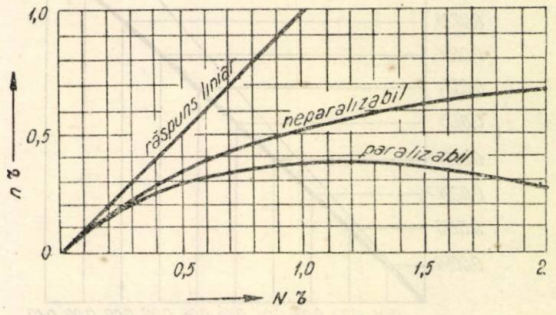


Fig. 9. Răspunsul detectorilor de radiaţii la variaţia vitezei de numărare.

interceptat de către detector în perioada timpului mort, îi măreşte timpul mort.

Viteza de numărare aparentă n în funcţie de cea reală N este [7]:

$$n = N\exp(-N\tau) \qquad (6)$$

Un exemplu de detector paralizabil este înregistratorul elctromecanic.

Detectorii neparalizabili nu sînt de loc afectaţi de impulsurile care au loc în timpul duratei de revenire.

$$n = \frac{N}{1 + N\tau} \qquad (7)$$

Relaţiile (6) şi (7) arată că pentru $N\tau \ll 1$, viteza de numărare aparentă coincide cu cea reală, dar pe măsură ce $N\tau$ creşte, distribuţia impulsurilor va fi distorsionată — este vizibil efectul de periodicizare. (Pentru $N \to \infty$; $n \to \frac{1}{\tau}$, deci răspunsul detectorului neparalizabil în cazul unei surse de radiaţii infinit intensă este periodic).

Proiectarea integratorului[3]

Domeniul de măsură dat trebuie divizat într-o serie de game pentru a putea efectua o măsurătoare cu suficient de bună precizie, deoarece fluctuaţia statistică este minimă la capătul scalei ($n = n_M$) şi creşte pe o gamă dată cu cît n scade (relaţia 5). O divizare în raportul 1, 3, 10, 30 etc. este convenabilă. Să luăm de exemplu domeniul de măsură 0 — 10 000 imp/min pe care să-l divizăm în patru game :

0—300 ; 0—1 000 ; 0—3 000 ; 0—10 000 imp/min adică
0—5 ; 0—16,7 ; 0—50 ; 0—167 imp/s.

Mărimile care trebuie determinate sînt : amplitudinea E şi durata T a impulsurilor aplicate la intrare, tensiunea de ieşire v_M corespunzătoare capătului scalei instrumentului de măsură şi valorile elementelor de montaj C_1, C_2 şi R_2.

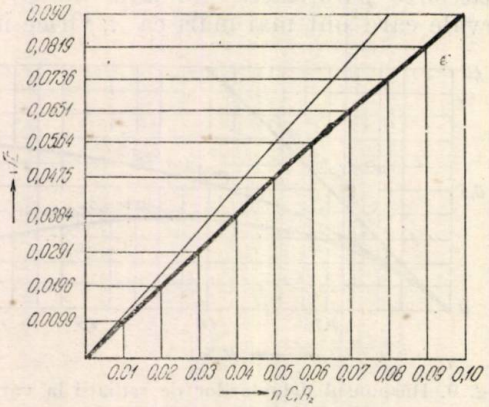


Fig. 10. Calculul neliniarităţii scalei pentru n_M $C_1R_2 = 0{,}10$.

Amplitudinea impulsurilor la intrare şi valoarea tensiunii la ieşire. Comparînd numărul de relaţii de care dispunem cu numărul de necunoscute, vedem că soluţia problemei determinării mărimilor E şi v_M nu este unic determinată ; se poate calcula doar raportul v_M/E deci una din aceste mărimi poate fi aleasă arbitrar. Cu ajutorul curbei din fig. 10 se poate determina raportul v_M/E din condiţiile de liniaritate care se impun. De exemplu, $x_M = C_1R_2$ $n_M = 0{,}1$, neliniaritatea raportată la centrul scalei este [4] :

$$\frac{\left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial z}\right)_{z=0{,}05} - \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial z}\right)_{z=0{,}1}}{\left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial z}\right)_{z=0{,}05}} = \frac{0{,}9 - 0{,}8}{0{,}9} = 0{,}11 \text{ adică } 11\,\%.$$

Aceasta poate fi ulterior îmbunătăţită prin aplicarea reacţiei negative, deci un raport $v_M/E = 0{,}05 \div 0{,}1$ este acceptabil. Una din tensiunile E sau v_M poate fi aleasă. Luînd în considerare deriva posibilă a voltmetrului electronic cu care se măsoară v_M, rezultă că v_M este bine să aibă o valoare cît mai mare şi va fi dificil să se realizeze circuitul basculant monostabil. Se obţine un compromis satisfăcător pentru $v_M = 6 \div 10$ V şi $E = 100$ V.

Durata impulsului la intrare. Toate impulsurile aplicate la intrare este necesar să aibă aceeaşi amplitudine E, deci impulsurile date de detectorul de radiaţii trebuie standardizat. Standardizarea se face, de obicei, cu un circuit basculat monostabil, dar în cazul integratorului cu diode se poate utiliza şi un bistabil [6], deoarece duratei impulsurilor nu i se impun alte condiţii decît să fie suficient de mare pentru ca, ţinînd seamă de impedanţa de ieşire a circuitului de standardizare, condensatorul C_1 să se poată încărca la tensiunea E. În cazul utilizării unui monostabil, durata T a impulsului dat de acesta determină timpul mort al instalaţiei electronice, care trebuie să fie mic pentru a nu se produce pierderi de numărare. Relaţia $N = n/(1 - nT)$ devine $N = n(1 + nT)$ pentru $nT \ll 1$. Pentru a avea pierderi de numărare mai mici decît $\Delta\%$, adică $N = \left(1 + \frac{\Delta}{100}\right) n$, trebuie ca

$$n_M T \leqslant \frac{\Delta}{100}$$

Pentru $\Delta = 1\,\%$ $n_M T \leqslant 0{,}01$, deci $T \leqslant \frac{0{,}01}{n_M}$

În cazul nostru $T \leqslant \frac{0{,}01}{167}$ s $= 60$ μs.

Capacitatea C_1 trebuie să fie suficient de mică pentru a se putea încărca în timpul T la valoarea de vîrf a impulsului E. C_1 se încarcă exponenţial cu constanţa de timp $\theta = R_1C_1$, R_1 fiind rezistenţa de ieşire a monostabilului (dacă se neglijează rezistenţa internă a diodei). Deoa-

[3] Pentru a fixa ideile, consideraţiile care se vor face vor fi însoţite de un exemplu numeric.

[4] Dacă $y = \frac{x}{1+x}$, atunci $y' = \frac{1}{(1+x)^2} \simeq 1 - 2x$ pentru $|x| \ll 1$.

rece pentru $t = 5\ \theta$ exponenţiala nu diferă de valoarea finală decît cu 0,67%, putem lua

$$C_1 \leqslant \frac{T}{5\ R_1}.$$

Să admitem că pentru exemplul numeric ales, monostabilul are o rezistenţă de ieşire de 10 Ω. Rezultă :

$$C_1 \leqslant \frac{T}{5\ R_1} = \frac{60 \cdot 10^{-6}}{5 \cdot 10^4}\ \text{F} = 1\ 200\ \text{pF}$$

Rezistenţa R_2. Relaţia $v = nR_2C_1E$ arată că

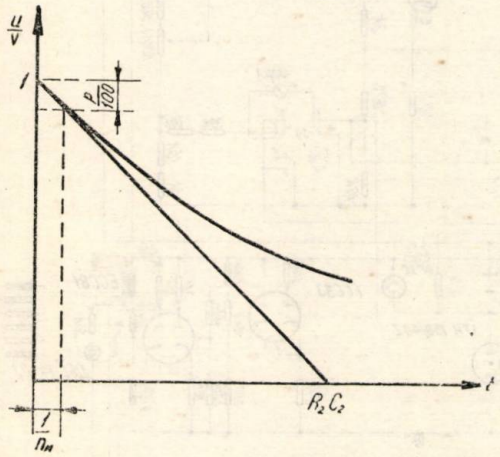


Fig. 11. Porţiunea descendentă a variaţiilor tensiunii de ieşire.

se pot obţine diverse game de măsură n_M, dacă se modifică E, C_1 sau R_2. Este preferabil să se modifice R_2, păstrînd $n_M\ R_2$ constant. În acest caz se poate păstra constantă eroarea statistică (5) pe diverse game de măsură.

Deci $n_M\ R_2 = v_M/EC_1$. În exemplul nostru $n_M\ R_2 = \dfrac{6}{10^2 \cdot 12 \cdot 10^{-9}} = 5.10^7$.

n_M (imp/s)	5	16,7	50	167
R_2 [MΩ]	10	5	3	1

Se observă că pentru viteze mici de numărare, valoarea rezistenţei R_2 este mare. Pentru aceasta este necesar să se ia o serie de măsuri :

voltmetrul electronic să aibă o impedanţă de intrare mare ;

condensatorul C_2 să aibă pierderi minime (rezistenţa de pierderi ~ 1 000 MΩ) ;

materialele izolante utilizate să fie de bună calitate.

Capacitatea C_2. Capacitatea de acumulare a circuitului de integrare, împreună cu rezistenţa R_2 trebuie să realizeze constanta de timp necesară unei corecte integrări. Relaţia (5) arată că pe o gamă de măsură ($n_M R_2$ = const.) se pot obţine diverse erori statistice, dacă se variază capacitatea C_2. Admiţînd o amplitudine a „pulsaţiilor" la ieşire de p%, rezultă pentru cazul unor impulsuri periodice (fig. 11) :

$$\frac{\dfrac{1}{n_M}}{R_2C_2 - \dfrac{1}{n_M}} = \frac{\dfrac{p}{100}}{1 - \dfrac{p}{100}}$$

sau

$$\frac{\dfrac{1}{n_M}}{R_2\ C_2} = \frac{p}{100} \quad \text{deci} \quad R_2C_2 = \frac{100}{n_M p}$$

$$C_2 \geqslant \frac{100}{n_M R_2 p}.$$

Admiţînd $p = 2\%$ rezultă $C_2 \geqslant \dfrac{100}{2 \cdot 5 \cdot 10^7} = 10^{-6}\ \text{F} = 1\ \mu\text{F}$.

Pe noi ne interesează, însă, impulsuri neperiodice rezultate din dezintegrări radioactive pentru care am văzut că eroarea probabilă

$$\varepsilon_r = \frac{0{,}6745}{\sqrt{2\ n\ R_2C_2}}.$$

Luînd $C = 8, 4, 2, 1, 0{,}5\ \mu$ F se obţin pentru exemplul dat erori probabile la capătul scalei ($n = n_M$)

$$\varepsilon_r = 2{,}4\ ;\ 3{,}3\ ;\ 4{,}8\ ;\ 6{,}7\ ;\ 9{,}5\ \%.$$

Descrierea unui aparat

Radiometrul construit în Laboratorul de Electronică pentru Fizică Nucleară al I.F.A. este un aparat de laborator. El dă posibilitatea : să se măsoare viteza medie de numărare ; să se obţină un semnal în momentul în care intensitatea radiaţiilor depăşeşte un anumit nivel (a cărui mărime poate fi reglată). Schema bloc a aparatului este dată în fig. 12, iar schema de principiu în fig. 13.

Capul de probă conţine detectorul de radiaţii şi repetorul catodic, care asigură o capacitate de intrare suficient de mică necesară unei

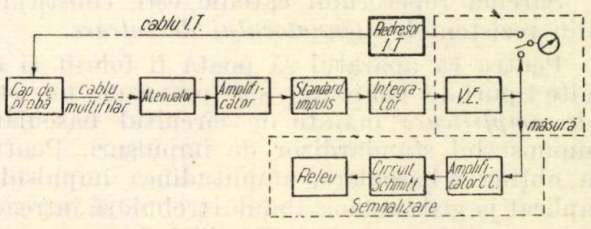


Fig. 12. Schema bloc a radiometrului.

bune funcţionări şi durabilităţi a contorului. Capul de probă este plasat la locul de măsură şi se conectează la aparat prin intermediul a două cabluri : un cablu de IT pentru alimentarea contorului GM şi un cablu multifilar ecranat pentru alimentarea repetorului catodic

şi pentru semnal. Întrucît lungimea cablului utilizat este mică (4 m), nu este necesar să se facă adaptarea impedanţelor ; cablul reprezintă o sarcină capacitivă pentru repetor [10]. Efectul ei asupra contorului este mult micşorat datorită repetorului catodic.

nuare de 1/1 ; 3/1 ; 10/1 ; 30/1 şi 100/1[5] permit să se obţină sensibilităţi de respectiv 0,2, 0,6, 2,6 şi 20 V.

Monostabilul cu cuplaj catodic şi grilă pozitivă [11] formează impulsuri pozitive cu amplitudinea de 100 V şi durata de circa 100 μs

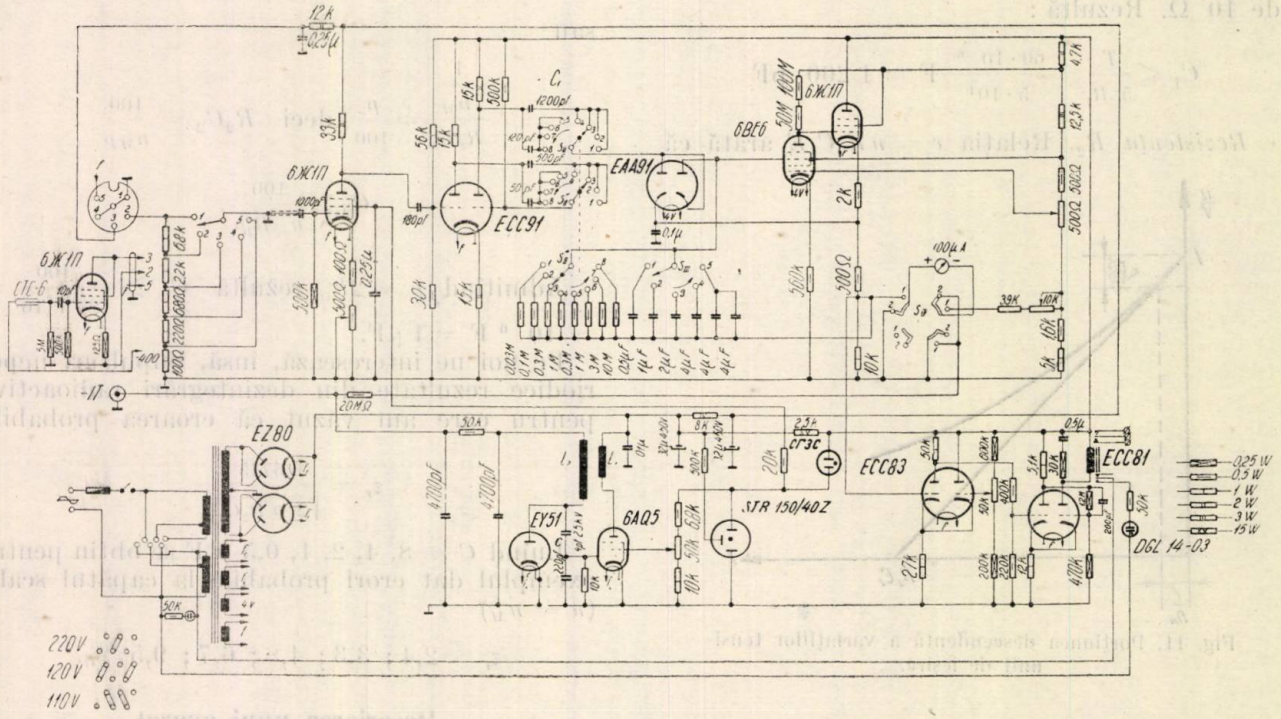


Fig. 13. Schema electrică de principiu a radiometrului.

Capetele de probă construite pînă în prezent utilizează contoare GM sovietice de tip CTC-5 şi CTC-6. Acestea sînt contoare cu halogeni care au o serie de avantaje faţă de alte tipuri de contor : au viaţă lungă ; sînt robuste ; necesită o tensiune de alimentare redusă (400 V) ; dau impulsuri de tensiune de amplitudine mare (s-au măsurat pe rezistenţa de sarcină a repetorului impulsuri de amplitudine 40—50 V).

Sarcina repetorului catodic este constituită din rezistenţele *atenuatorului de intrare*.

Pentru ca aparatul să poată fi folosit şi cu alte tipuri de contoare, s-a prevăzut un *etaj de amplificare* înainte de circuitul basculant monostabil standardizor de impulsuri. Pentru a obţine o basculare, amplitudinea impulsului aplicat pe grila monostabilului trebuie să întreacă un anumit prag, astfel că utilizînd atenuatorul de la intrare şi potenţiometrul din circuitul de reacţie negativă al amplificatorului se poate regla sensibilitatea aparatului, obţinîndu-se un efect de discriminare. De exemplu : dacă atenuatorul este pe poziţia 20 V sensibilitate, orice impuls a cărei amplitudine va fi mai mică de 20 V nu va fi înregistrat, deoarece nu va putea produce o basculare. Rapoartele de ate-

Integratorul este de tipul celui descris mai sus. Pentru a obţine cele opt game de măsură : 0—300, 0—1 000, ... 0—1 000 000 imp/min se variază rezistenţele R_2 cu ajutorul comutatorului S'''_{II} şi capacitatea C_1 cu S''_{II} (este necesar să se micşoreze C_1 pentru ca la viteze de numărare mari, pentru care durata impulsurilor este de circa 10 μs, C_1 să se poată încărca la valoarea de vîrf). Dacă raportul între C'_1 şi C''_1 este riguros 100, iar între rezistenţe este 1/3, 1/10 etc., etalonarea se păstrează de la o scară la alta. Pentru a obţine erori reduse se aleg rezistenţe R_2 de precizie.

Pe fiecare gamă, constanta de timp poate fi micşorată în raportul 1/2, 1/4, 1/8, 1/16, variind capacitatea C_2 cu ajutorul comutatorului

în poziţiile 1—4 ale comutatorului S şi circa 10 μs în poziţiile 5—8. Este necesar să se modifice durata impulsurilor pentru a obţine timpul mort necesar (pentru viteze de numărare mai mari rezoluţia trebuie să fie mai bună).

[5] Deşi pe schemă sînt indicate valorile nominale ale rezistenţelor : 100, 220, 680, 2 100 şi 6 800 Ω s-au ales rezistenţe cu ajutorul cărora să se poată obţine atenuarea dorită, suma lor fiind 10 kΩ, adică : 100, 233, 667, 2 333 şi 6 667 Ω.

S_{III} pentru a obține compromisul dorit între eroarea statistică și viteza de stabilire a indicațiilor. S-au utilizat condensatoare de foarte bună calitate ($R_p > 2\,000\ M\Omega$) pentru a nu modifica rezistența R_2 de 10 $M\Omega$. Tot din acest motiv s-a preferat să se ia tensiunea de grilă a tubului 6 BE 6 de pe anodul diodei nu de pe catod, anodul fiind mai bine izolat de masă decît catodul. Pentru a nu complica redresorul cu o sursă de tensiune negativă necesară voltmetrului electronic, tensiunea de măsurat nu are punct de masă. Catoda diodei EAA 91 este pusă la masă printr-o capacitate de 0,1 μF ($\gg C_1 = 1\,200$ pF). Anularea curentului inițial al diodelor se obține prin polarizarea luată de pe rezistența r_p de 500 Ω și subalimentarea filamentului (în loc de 6,3 V se aplică 4 V).

Voltmetrul electronic folosit [12], [13] întrunește principalele calități care se cer amplificatoarelor de curent continuu utilizate în scheme de măsură, adică transformă cu liniaritate și bună stabilitate a cîștigului și nulului o tensiune de curent continuu de pe o sursă de mare rezistență internă, într-un curent pe o mică rezistență. Tubul 6 BE 6 lucrează în regim electrometric, permițînd să se obțină o mare rezistență de intrare. Punctul de funcționare ales este $u_f = 4$ V, $u_a = 10$ V, $u_{g2,4} = 10$ V, $u_{g3} = -2$ V, $u_{g1} = -0{,}4$ V, $i_a = 0{,}75$ μA, $i_{g2} = 125$ μA. În aceste condiții $i_{g3} = < 2.10^{-13}$ A. Rezistența anodică fiind de 150 MΩ se realizează o amplificare de tensiune de ~100. Aceasta face ca practic potențialul grilei a treia să nu varieze în timpul integrării, deci liniarizează integratorul și asigură reproducerea tensiunii la ieșire $\left(u_1 = \frac{A}{1+A}u_{in}\right)$. Prima grilă a hexodei servește pentru reglajul nulului *VE*. Impedanța de ieșire mică necesară la ieșire se obține atît datorită repetorului catodic cît și datorită reacției negative totale care cuprinde ambele etaje. Reacția poate fi puternică, fără a exista pericol de oscilații, pentru că avînd cuplaj direct, defazajele sînt mici.

Instrumentul de măsură este de 100 μA, deoarece el este utilizat și la măsurarea tensiunii înalte, dar se poate folosi și un instrument mai puțin sensibil (de exemplu, 1 mA). Cînd este necesară o înregistrare continuă, se poate utiliza în loc de instrument un potențiometru automat cu inscriptor. Pentru ca ieșirea VE să poată avea punct de masă, se fac transformări simple. Etalonarea aparatului se face variind rezistența în serie cu instrumentul de măsură (se caută ca frecvența n a impulsurilor periodice aplicate să producă o indicație a instrumentului, egală cu capătul scalei acestuia).

Pentru *semnalizare* se utilizează un releu electromagnetic comandat de un circuit Schmidt. Curentul de anclanșare al releului este de 4 mA, iar rezistența înfășurării sale este de 5 kΩ. Circuitul *RC* montat în paralel cu bobina releului este destinat suprimării supratensiunilor care apar la anclanșare și declanșare. Trei din contactele releului sînt scoase pe panou, iar două acționează un bec cu neon. Amplificatorul de curent continuu echipat cu tubul ECC 83 se utilizează pentru a obține un histerezis mic (1% din diviziunea maximă a scalei). Sînt necesare măsuri de precauție pentru ca pe grila amplificatorului să nu ajungă tensiuni perturbatoare (de exemplu de la oscilatorul de RF), care ar putea înrăutăți histerezisul.

Sursa de IT pentru contor redresează oscilațiile de IF obținute, într-un oscilator de putere (6 AQ 5) [14]. Puterea pe care trebuie să o dea acest oscilator nu este mare deoarece curentul absorbit de contoarele GM este de ordinul microamperilor iar pentru măsură se utilizează un instrument de 100 μA. Pentru ca valoarea tensiunii măsurate să fie cea reală, rezistența de măsură de 20 MΩ încarcă redresorul și în perioada în care instrumentul măsoară viteza de numărare.

Oscilatorul de putere trebuie să lucreze într-un regim supraexcitat (clasa C), pentru a obține o stabilizare a tensiunii la variația sarcinii. Calculînd amplificatorul pentru o funcționare optimă în clasa C [15] și reglînd în mod corespunzător gradul de reacție și mai ales valoarea cuplajului între primarul și secundarul transformatorului, s-a putut obține scăderea consumului de curent anodic a tubului 6 AQ 5 pînă la 11 mA pentru 2 000 V tensiune redresată și 200 μA curent redresat.

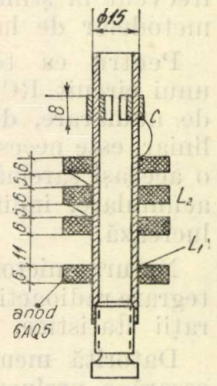


Fig. 14. Bobina oscilatorului și condensatorului de reacție :
$L_1 = 250$ spire ;
$L_2 = 3 \times 250$ spire.

Dimensiunile fizice ale bobinei de RF sînt determinate de distanța minimă de străpungere și puterea pe care trebuie să o disipe. În fig. 14 se dau datele constructive ale bobinei utilizate. Carcasa de plexiglas a bobinei este folosită ca suport și dielectric pentru condensatorul de reacție, care trebuie să aibă o valoare mică (4 pF) la o tensiune de lucru mare (2 kV). Armăturile condensatorului nu trebuie să constituie niște spire în scurtcircuit care să perturbe cîmpul magnetic al bobinei și pentru aceasta ele sînt întrerupte, după cum se vede în fig. 14. Frecvența de lucru este de circa 800 kHz. Variind continuu tensiunea de ecran a oscilatorului, se obține o variație continuă a tensiunii înalte redresate. Tensiunea de ecran este stabilizată cu ajutorul stabilovoltului STR 150/40 z, care furnizează tensiune și pentru ecranul tubului amplificator de

intrare. În serie cu STR 150/40 z este montat СГ3С, permiţînd să se obţină tensiune stabilizată de 250 V pentru alimentarea monostabilului, voltmetrului electronic, amplificatorului de curent continuu şi circuitului Schmidt. Anodele repetorului catodic, amplificatorului de intrare şi oscilatorului sînt alimentate cu tensiune nestabilizată. Consumul aparatului este mai mic de 70 VA.

Aplicaţii

Integratorul cu diode poate fi utilizat ca [3]:

frecvenţmetru cu citire directă;

demodulator pentru unde radio modulate în frecvenţă;

releu de frecvenţă.

Dar cel mai vast cîmp de aplicaţii moderne este oferit de utilizarea metodelor de lucru cu radioizotopi în ştiinţă şi tehnică. Este suficient să enumerăm doar cîteva domenii: dozimetria radiaţiilor, biologie, medicină, radiochimie, metalurgie, prospecţiuni biologice, industria extractivă (petrol, cărbune etc.), automatizări industriale pe bază de radioizotopi, măsurări de densităţi, grosimi de materiale şi nivele de lichide.

Concluzii

Datorită preciziei pe care o pot atinge şi a o serie de avantaje specifice, aparatele integratoare concurează numărătorii în măsurătorile vitezei de numărare care se efectuează tot mai frecvent în ştiinţă şi tehnică, prin introducerea metodelor de lucru cu radioizotopi.

Pentru ca tensiunea obţinută la bornele unui circuit RC să fie proporţională cu viteza de numărare, deci să se obţină un integrator liniar, este necesar ca fiecare impuls să producă o aceeaşi sarcină electrică pe condensatorul de acumulare, indiferent de condiţiile în care se lucrează.

Natura microscopică a procesului de dezintegrare radioactivă implică o serie de consideraţii statistice.

Datorită memoriei circuitului RC, este necesară o prelucrare statistică specială a rezultatelor obţinute.

Limitările domeniului de măsură sînt date de dificultatea realizării unei bune rezoluţii (la viteze mari de numărare), dar mai ales (la viteze mici de numărare) de dificultatea realizării fizice a unei constante de timp mari şi a unui compromis satisfăcător între amplitudinea fluctuaţiilor şi timpul necesar stabilirii indicaţiei finale. Din acest punct de vedere, calitatea circuitului este reprezentată de raportul dintre timpul de creştere T_Δ şi constanta de timp de integrare T_i. Cu circuite complexe se pot obţine rapoarte T_Δ/T_i mai bune (mai mici) decît cel obţinut cu integratorul simplu.

Prin performanţele sale, aparatul construit la I.F.A. este comparabil cu aparatele similare realizate în străinătate.

În încheiere ţin să mulţumesc pe această cale ing. A. Georgescu, sub a cărui îndrumare permanentă am realizat aparatul.

BIBLIOGRAFIE

[1] BOUSQUET, G. A.: *Counting Rate Meters versus Scalers.* Nucleonics, *4* (1949) 2, p. 67.

[2] COOKE-YARBOROUGH, H. E. and PULSFORD, W. E.: *A counting Rate Meter of high accuracy.* Proc. Inst. electr. engrs, *98* (1951) 62 pt. II, p. 191.

[3] EARNSHAW, B. J.: *The Diode Pump Integrator.* Electronic Engineering, 1956, ian., p. 26.

[4] BONCI-BRUEVICI, M. A.: *Primenenie electronîh lamp v experimentalnoi Fizike.* Gosud. izd. tehniko-teoret. lit., Moscova, 1955.

[5] TAYLOR, D.: *Tripartite Instrumentation Conference,* 1951. Nucleonics, *9* (1951) 6, p. 5.

[6] ELMORE, W., SANDS, M.: *Electronica v Iadernoi Fizike.* Izd. Inostrannoi Literaturi, Moscova, 1953.

[7] EVANS, D. R.: *The Atomic Nucleus.* Mc Graw Hill Book Company, New-York, 1955.

[8] MAIER-LEIBNITZ, H.: *Statistische Schwankungen und optimale Übergangsfunctionen beim Zählhäufigkeitsmesser.* Zeitschrift für angewandte Physik, *9* (1957) 2, p. 57.

[9] BENOIT, A. et PICARD, E.: *Les compteurs de GM. Les circuits associés et techniques de comptage.* L'Onde Électrique nr. 329–330, aug.-sept. 1954, p. 652.

[10] MAMONKIN, G. I.: *Impulsnie Usiliteli.* Gosenergoizdat, Moscova, 1958.

[11] KRIVITKI, H. B.: *Impulsnie shemi i ustroistva.* Sovetskoe Radio, Moscova, 1955, p. 104.

[12] COMŞA, G., GELBERG, A., GEORGESCU, A. şi GRABARI, V.: Studii şi cercetări de fizică, nr. 4, 1958, p. 445.

[13] VOLKERS, K. W.: *Direct- coupled Amplifier Starvation Circuits.* Electronics, 1951, martie, p. 126.

[14] SCHADE, H. O.: *Radio — Frequency Operated High — Voltage Supplies for Cathode — Ray Tubes.* Proc. Irst. radio engrs, *90* (1943), p. 158.

[15] TĂNĂSESCU, T.: *Teză de doctorat.* Institutul Politehnic Bucureşti, 1940.

AUREL PÎRVU*

Programare liniară

CZ 511.48 : 681.142

Dacă considerăm o serie de variabile, supuse la o serie de restricţii :

$$\sum_{j=1}^{n+m} a_{ij}\, x_j = b_i,\ i = 1, \ldots, m\,;\ j = 1, \ldots, n+m.$$

$$x_j \geqslant 0, \qquad \text{(I)}$$

se cere să se determine un grup de valori ale acestor variabile care să facă expresia

$$C = \sum_{j=1}^{n+m} C_j\, x_j \qquad \text{(II)}$$

extremum.

Aceasta este problema fundamentală a programării liniare şi rezolvarea ei prin diversele metode cunoscute presupune, în general, un număr mare de operaţii, a căror efectuare este astăzi posibilă graţie dezvoltării folosirii maşinilor de calcul.

Probleme de acest tip se pun astăzi în fizica modernă, în tehnică, în transporturi, în economie etc., şi de aceea socotim utilă o prezentare a metodelor de calcul în rezolvarea acestei probleme.

De obicei, în problemele de programare liniară se caută un minimum al expresiei C. Dacă ar fi nevoie să se caute un maximum al ei, metoda ar rămîne valabilă, căutîndu-se un minimum al expresiei C.

Presupunem că relaţiile (I) sînt liniar independente, adică sistemul nu este degenerat. În cazul în care variabilele, ce intervin în problemă, au semne diferite, problema poate fi întotdeauna adusă la cazul variabilelor nenegative prin următorul artificiu :

$$x = x' - x'',$$

unde :

$$x' = \max(0, x),$$

$$x'' = \max(0, -x).$$

Dacă ecuaţiile de restricţie (I) sînt inegalităţi :

$$a_{i,1}\, x_1 + \ldots + a_{i,n+m} \leqslant b_i,\ i = 1, \ldots, m$$

le putem transforma în ecuaţii adăugînd noi variabile nenegative :

$$a_{i,1}\, x_1 + \ldots + a_{i,n+m}\, x_{n+m} + x_{n+m+i} = b_i,\ i = 1, \ldots, m.$$

Pentru clarificarea completă a problemei şi a metodelor ce trebuie folosite în rezolvarea ei, după cîteva noţiuni preliminare vom trata un exemplu de problemă de programare liniară.

Noţiuni preliminare. Un domeniu, de exemplu, într-un spaţiu cu 2 dimensiuni, poate fi definit printr-un sistem de forma :

$$\left.\begin{aligned} x &= 4 \\ y &= 3 \\ x + 2y &= 8 \\ x, y &> 0 \end{aligned}\right\} \qquad \text{(III)}$$

Mulţimea soluţiilor acestui sistem defineşte un poligon convex $\mathfrak{S}$ în spaţiul E_2. Definiţia analitică a unui poligon convex este următoarea :
dacă

$$P \in \mathfrak{S},\ Q \in \mathfrak{S} \longrightarrow [\lambda P + (1-\lambda)\, Q] \in \mathfrak{S}, \quad 0 \leqslant \lambda \leqslant 1$$

combinaţie liniară convexă a punctelor P şi Q.

Problema constă în a face, de exemplu, maximă funcţia :

$$7 = 2x + 5y \text{ dacă } (x, y) \in \mathfrak{S}.$$

Teorema fundamentală a programării liniare ne arată că forma liniară îşi atinge maximum într-unul din vîrfurile poligonului convex (fig. 1).

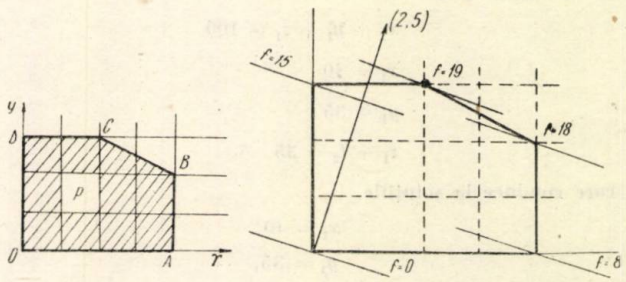


Fig. 1.

Orice punct al poligonului poate fi exprimat cu ajutorul unei combinaţii liniare convexe a vîrfurilor acestui poligon :

$$P = \lambda_1 0 + \lambda_2 A + \lambda_3 B + \lambda_4 C + \lambda_5 D.$$

$$\sum_i \lambda i = 1.$$

Din această proprietate se vede că teorema fundamentală este o consecinţă a caracterului liniar al funcţiei f.

Exemplu. Să considerăm ecuaţiile de restricţie :

$$x_1 + x_2 + y_1 + y_2 + z_1 + z_2 = 100,$$

$$x_1 + x_2 \geqslant 40,$$

$$y_1 + y_2 \leqslant 35,$$

$$z_1 + z_2 \leqslant 35.$$

Variabilele $x_1, x_2, y_1, y_2, z_1, z_2$ putînd fi mai mari sau egale cu zero, se caută valorile acestor variabile, care, în condiţiile date, să facă maximum funcţia :

$$C = 3\, x_1 + 2{,}5\, x_2 + 3{,}5\, y_1 + 4\, y_2 + 5\, z_1 + 4{,}5\, z_2.$$

Acest program poate fi transformat într-unul liniar echivalent, în care condiţiile restrictive la care sînt supuse variabilele să fie transformate din inegalităţi în ecuaţii, prin adăugarea unor variabile suplimentare nenegative, obţinem :

$$x_1 + x_2 + y_1 + y_2 + z_1 + z_2 = 100,$$

$$x_1 + x_2 - t_1 = 40,$$

$$y_1 + y_2 + t_2 = 35,$$

$$z_1 + z_2 + t_3 = 35,$$

unde $x_1, x_2, y_1, y_2, z_1, z_2, t_1, t_2, t_3$, sînt mai mari sau egale cu zero.

Orice sistem de 9 numere $(x_1, \ldots, t_3)$, care satisface restricţiile de mai sus, este o soluţie a programului.

Orice sistem de 9 numere $(x_1, \ldots, t_3)$ nenegative, care satisface condiţiile restrictive, este o soluţie admisibilă a programului.

Orice soluţie admisibilă care face funcţia liniară C maximum, este o soluţie optimă.

Numim „bază" un grup de 4 variabile, alese dintre cele de mai sus, pentru care matricea coeficienţilor lor din cele 4 ecuaţii de restricţie, este regulată. Cele 4 variabile sînt numite variabile de bază, celelalte 5 fiind numite variabile

* Ing. A. PÎRVU este profesor la Institutul de Construcţii şi directorul cursurilor de perfecţionare a inginerilor din Consiliul Central ASIT.

în afara bazei. De exemplu, pot fi considerate variabile de bază x_1, y_1, z_1, t_3 deoarece determinantul $\|M\|$ al matrici coeficienților acestor variabile din ecuațiile de restricție:

$$M(x_1, y_1, z_1, t_3) = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

este diferit de zero.

Soluția de bază, asociată unei baze, se obține anulînd variabilele în afara bazei și rezolvînd sistemul de ecuații de restricție obținut în acest caz în raport cu variabilele de bază.

În cazul nostru, de exemplu, soluția de bază asociată bazei (x_1, y_1, z_1, t_3) se obține rezolvînd sistemul:

$$x_1 + y_1 + z_1 = 100$$

$$x_1 = 40$$

$$y_1 = 35$$

$$z_1 + t_3 = 35$$

care conduce la soluțiile

$$x_1 = 40$$

$$y_1 = 35,$$

$$z_1 = 25,$$

$$t_3 = 10,$$

și

$$x_2 = y_2 = z_2 = t_1 = t_2 = 0$$

Dacă componentele de bază ale unei soluții de bază nu sînt negative, putem vorbi de o soluție de bază admisibilă. Se poate ușor vedea că o soluție de bază admisibilă definește un vîrf al poligonului $OABCD$. Problema este acum dacă acest mod de lucru conduce într-adevăr la un maximum al funcției C. În acest scop, vom scrie sistemul de condiții restrictive, sub forma:

$$\begin{aligned} x_1 &= 40 - x_2 + t_1, \\ y_1 &= 35 - y_2 - t_2, \\ z_1 &= 25 - t_1 + t_2 - z_2, \\ t_3 &= 10 + t_1 - t_2. \end{aligned}$$

variabile de bază — variabile în afara bazei

Dacă plecăm de la soluția de bază admisibilă (40, 0, 35, 0, 25, 0, 0, 0, 10), funcția C în funcție de variabilele în afara bazei va fi:

$$C = 367{,}5 - 0{,}5x_2 + 0{,}5y_2 - 0{,}5\, z_2 - 2\, t_1 + 1{,}5\, t_2.$$

Această funcție are maximum într-unul din vîrfurile poliedrului convex asociat programării liniare. Valoarea ei în vîrful definit prin soluția de bază admisibilă de mai sus este 367,5. Dar această valoare nu reprezintă maximumul căutat, deoarece o creștere pozitivă a valorii lui y_2 sau t_2 permite o ameliorare a valorii lui C. Deoarece coeficientul lui t_2 este mai mare decît cel al lui y_2, variabila t_2 va produce cea mai mare creștere a lui C, dacă aceste două variabile în afara bazei încetează de a fi nule. Bine înțeles nici t_2 nu va putea crește oricît, din cauza condițiilor ca x_1, y_1, z_1, t_3 să nu fie negative. Ajungem astfel la concluzia $t_2 \leqslant 10$. Dacă $t_2 = 10$, t_3 este egal cu zero cînd considerăm variabilele de bază egale cu zero și obținem astfel o nouă soluție de bază admisibilă:

$$(x_1, 0_1, y_1, 0, z_1, 0\ , 0, 0, 10, 0)$$

Dacă exprimăm pe t_2 în funcție de t_1 și t_3 găsim relațiile:

$$x_1 = 40 - x_2 + t_1,$$

$$y_1 = 25 - y_2 - t_1 + t_3,$$

$$z_1 = 35 - z_2 + t_3,$$

$$t_2 = z + t_1 - t_3,$$

funcția care trebuie maximalizată devenind:

$$(\max)\ C = 382{,}5 - 0{,}5\, x_2 + 0{,}5\, y_2 - 0{,}5\, z_2 - 0{,}5\, t_1 - 1{,}5\, t_3$$

Prezența în expresia lui C a termenului $0{,}5\, y_2$ ne arată că încă nu am atins vîrful optim.

Utilizînd aceeași procedură pentru schimbarea de bază și ținînd seama că, dacă y_2 crește, C crește, găsim că y_2 este maximum cînd atinge valoarea 25, ceea ce antrenează pentru y_1, valoarea zero. În acest mod obținem pentru variabilele de bază valorile:

$$x_1 = 40 - x_2 + t_1,$$

$$y_2 = 25 - y_1 + t_1 - t_3,$$

$$z_1 = 35 - z_2 - t_3,$$

$$t_2 = 10 + t_1 - t_3,$$

și pentru forma liniară expresia:

$$C = 395 - 0{,}5\, x_2 - 0{,}5\, y_1 - 0{,}5\, z_2 - t_1 - t_3\,.$$

Vîrful (40, 0, 0, 25, 35, 0, 0, 10, 0) al poliedrului realizează maximumul lui C pentru că orice creștere pozitivă a variabilelor în afara bazei antrenează o descreștere a lui C.

Metoda pe care am folosit-o, în exemplul de mai sus, poartă numele de algoritmul simplexului și este datorită matematicianului G. B. DANTZIG. Terminologia aceasta este datorită unui accident istoric; ea provine din faptul că primele ecuații de restricție, considerate de DANTZIG, aveau forma $\sum_{i=1}^{n} x_i =$ constantă, care nu sînt altceva decît ecuațiile unui simplex într-un spațiu cu n dimensiuni.

Utilizarea algoritmului simplexului necesită cunoașterea prealabilă a unei soluții de bază admisibile, adică a unuia din vîrfurile poliedrului convex. În practică, o asemenea soluție nu este însă, de obicei evidentă, și de aceea ea trebuie calculată. Calculul primei soluții de bază admisibilă se efectuează cu aceeași metodă, introducîndu-se variabile artificiale, cărora, în funcția C, li se vor atribui valori foarte mari. Astfel, dacă de exemplu, considerăm variabilele artificiale $\xi_1, \ldots \xi_m$, pentru programul liniar (I), (II), de la începutul acestui articol vom căuta minimumul funcției:

$$C = (c_1\, x_1 + \ldots + c_n\, x_n) + M(\xi_1 + \ldots + \xi\, m),$$

în care mărimea pozitivă M este foarte mare în raport cu toate constantele care intervin în procedeul simplex. În fapt, căutarea acestui minim se reduce la determinarea minimumului funcției:

$$C' = \frac{1}{M}(c_1, x_1 + \ldots + c_n\, x_n) + (\xi_1 + \ldots + \xi m),$$

și deoarece M este oricît de mare, căutarea minimumului lui C' este echivalentă „asimptotic" cu căutarea minimumului funcției:

$$\Phi = \xi_1 + \ldots + \xi m,$$

cu condițiile $\xi i \geqslant 0$, $i = 1, \ldots, m$.

În fond, procedura simplă în prima fază tinde la eliminarea variabilelor artificiale păstrînd admisibilitatea soluțiilor de bază succesive. Cînd minimumul lui Φ va fi atins, ne vom găsi într-un vîrf de bază admisibil al poliedrului asociat programării liniare inițiale.

Numai după găsirea acestui vîrf începe adevărata căutare a minimumului lui C, căutare ce constituie faza a doua în rezolvarea problemei — fază în care problema centrală este să determinăm o bază optimă.

Căutarea succesivă pentru găsirea unei soluții pe bază optimă, trebuie să ne conducă sau la soluția problemei sau la concluzia că sistemul de condiții de restricție este contradictoriu, sau la constatarea că funcția C nu este limitată.

Metoda simplexului. Vom expune, pe scurt, metoda simplexului, în general, așa cum a fost elaborată de B. DANTZIG în 1947.

Considerăm condiţiile de restricţie :

$$\sum_{j=1}^{n+m} a_{ij}\, x_j = b_i,\ i = 1, \ldots, m.$$

şi presupunem că matricea (a_{ij}) este de rang m. Vom numi cu $\mathbf{P}_j$ $(j = 1, \ldots, n)$ vectorii avînd drept componente elementele din coloanele matricei (a_{ij}) şi cu $\mathbf{P}_0$ vectorul de componente $(b_1, \ldots, b_m)$. Din cauza rangului matricei, aceşti vectori definesc un spaţiu vectorial cu m dimensiuni.

Sistemul de ecuaţii de restricţie poate fi scris :

$$\sum_{j=1}^{n+m} x_j, \mathbf{P}_j = \mathbf{P}_0 \text{ unde } \mathbf{P}_j = \begin{bmatrix} a_{1j} \\ a_{mj} \end{bmatrix} \text{ şi } \mathbf{P}_0 = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_m \end{bmatrix}.$$

Dintre vectorii $\mathbf{P}_j$ pot fi aleşi m vectori, care să constituie o bază, cu ajutorul căreia să putem exprima pe ceilalţi n. Fie $\mathbf{P}_{n+1}, \ldots, \mathbf{P}_{n+m}$ vectorii de bază. O soluţie de bază a programării liniare va fi un ansamblu de m valori $x_{n+1}, \ldots$ $\ldots\ x_{n+m}$ astfel ca

$$\sum_{i=n+1}^{n+m} x_i\, \mathbf{P}_i = \mathbf{P}_0.$$

Raportînd funcţia liniară a problemei la aceste variabile de bază, vom avea :

$$Z_0 = \sum_{i=n+1}^{n+m} C_i\, x_i$$

Vectorii $\mathbf{P}_1, \ldots, \mathbf{P}_n$ pot să fie exprimaţi în bază cu ajutorul combinaţiilor liniare.

$$\mathbf{P}_j = \sum_{i=n+1}^{n+m} \mathbf{P}_i\, x_{ij},\ j = 1, \ldots, n.$$

Coeficienţii lui x_{ij} se obţin inversînd matricea formată de cei m vectori de bază $\mathbf{P}_{n+1}, \ldots, \mathbf{P}_{n+m}$.

Introducem cantităţile :

$$Z_j = \sum_{i=n+1}^{n+m} C_i\, x_{ij},\ j = 1,2, \ldots, n.$$

Fie $\mathbf{P}_k$ un vector în afara bazei. Condiţiile de restricţie pot fi scrise

$$\sum_{i=n+1}^{n+m} \mathbf{P}_i\, x_i = \sum_{i=n+1}^{n+m} x_i\, \mathbf{P}_i - \theta\, \mathbf{P}_k + \theta\, \mathbf{P}_k = \mathbf{P}_0,$$

unde θ este un parametru scalar ce trebuie determinat. Această relaţie poate fi scrisă sub forma :

$$\sum_{i=n+1}^{n+m} \mathbf{P}_i\, x_i = \sum_{i=n+1}^{n+m} (x_i - \theta\, x_{ik})\, \mathbf{P}_i + \theta\, \mathbf{P}_k = \mathbf{P}_0.$$

Dacă adăugăm în fiecare membru al funcţiei Z_0 cantitatea $\theta\,(C_k - Z_k)$, obţinem :

$$Z_0 + \theta\,(C_k - Z_k) = \sum_{n+1}^{n+m} C_i\, x_i + \theta\, C_k - \theta\, Z_k =$$

$$= \sum_{n+1}^{n+m} (x_i - \theta\, x_{ik})\, C_i + \theta\, C_k,$$

şi astfel am realizat aceeaşi transformare algebrică asupra funcţiei pe care dorim să minimizăm. Dacă vrem ca această funcţie să nu descrească, va fi suficient să alegem $Z_k - C_k \leqslant 0$, păstrînd acelaşi număr de componente de bază.

Dacă unii dintre x_{ij} sînt pozitivi (presupunem că cel puţin unul dintre aceşti coeficienţi este pozitiv, deoarece în caz contrariu funcţia creşte peste orice limită) şi dacă $\theta \neq 0$, avem :

$$\theta_0 = \min_i \frac{x_i}{x_{ik}}.$$

Să numim cu r indicele i pentru care este realizat acest minimum, adică $\theta_0 = \dfrac{x_r}{x_{rk}}$. În aceste condiţii, vectorul $\mathbf{P}_r$ nu mai apare în bază, unde a fost înlocuit cu $\mathbf{P}_k$. Mai mult, creşterea lui Z_0 este egală cu $\theta_0\,(Z_k - C_k)$.

În concluzie, în aplicarea metodei lui G.B. DANTZIG trebuie calculate mai întîi cantităţile $(Z_j - C_j)$, $j = 1, \ldots, n$. Minimumul negativ al acestor cantităţi, de exemplu, $Z_k - C_k$, ne indică care este vectorul $\mathbf{P}_k$ ce intră în bază. Alegerea vectorului ce iese din bază se face cu ajutorul calculului lui θ. Schimbarea de bază se realizează în modul următor : analizînd relaţia

$$\sum_{C=n+1}^{n+m} \mathbf{P}_i\, x_i = \sum_{i=n+1}^{n+m} (x_i - \theta\, x_{ik})\, \mathbf{P}_i + \theta\, \mathbf{P}_k = \mathbf{P}_0,$$

constatăm că coeficienţii vectorilor $\mathbf{P}_i$ $(i \neq k)$ şi $\mathbf{P}_k$ devin :

$$x_i' = x_i - \frac{x_r}{x_{rk}}\, x_{ik},\ (i \neq k),$$

$$x_k' = \theta\, \frac{x_r}{x_{rk}}.$$

După această schimbare de bază, se aplică funcţiei z_0 această lege de transformare.

Funcţii parametrice. În practică, se prezintă cazuri în care unul din coeficienţii C_j şi b_i sau amîndoi sînt simultan funcţii liniare de un parametru λ. În aceste cazuri matricea de structură (a_{ij}) rămînînd neschimbată.

O astfel de problemă se pune sub forma, de exemplu, următoare :
să fie făcută minimă expresia ;

$$Z = \sum_{j=1}^{n} (C_j + \lambda C_j')\, x_j,$$

sub condiţiile

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^{n} a_{ij}\, x_j = b_i,\ (i = 1, \ldots, m), \\ x_j \geqslant 0, \end{cases}$$

unde C_j, C_j', a_{ij} şi b_i sînt constante (cel puţin unul dintre coeficienţii $C_j \neq 0$) şi λ un parametru. Problemele care se pun în acest caz sînt două :

a) fiind dată o soluţie admisibilă, să se determine valorile parametrului care fac minimă funcţia Z ;

b) fiind dată o soluţie minimă admisibilă, cum să fie folosit algoritmul simplexului pentru a determina toate soluţiile minime admisibile şi valorile corespunzătoare ale parametrului.

Observăm că la o soluţie minimă corespunde un interval de valori pentru λ şi că considerarea unei funcţii parametrice nu modifică structura poliedrului asociat expresiilor :

$$\sum_j a_{ij}\, x_j = b_i$$

Se poate demonstra că dacă a fost obţinută o soluţie minimă pentru o valoare dată a parametrului λ, este posibil să se calculeze treptat toate soluţiile minime. Valorile lui λ pentru care o bază conduce la un minimum formează un segment, care, în anumite cazuri, se reduce la un punct. Toate aceste intervale formează o mulţime conexă, care

este o parte (sau toată) a dreptei reale. De îndată ce o soluţie este obţinută pentru o anumită valoare a lui λ, putem să ne deplasăm la stînga sau la dreapta acestei valori ale lui λ ca să obţinem o nouă soluţie. Se descrie astfel un segment pentru care soluţia optimă este stabilă. Întîlnirea unui alt vîrf al poliedrului conduce la un alt interval de stabilitate, care are un singur punct comun cu primul.

Problemele concrete, ridicate de practică, care se cer rezolvate prin metoda programării liniare, conduc mai ales în cazul problemelor parametrice cu mai mult de un parametru, la rezolvarea unui număr foarte mare de ecuaţii şi inecuaţii. Această dificultate este astăzi învinsă prin folosirea maşinilor electronice de calcul, ceea ce a condus la extinderea aplicării ei în numeroase domenii. Astfel, anul trecut, pe baza studiului efectuat de o serie de specialişti din R.P. Ungară în ceea ce priveşte aprovizionarea cu lemne de foc a populaţiei, s-a putut realiza la transport o economie de peste 3 milioane forinţi. Sarcina extinderii folosirii acestei metode în ţara noastră revine în primul rînd economiştilor şi specialiştilor în folosirea maşinilor electronice de calcul.

DISCUŢII

Asupra terminologiei folosite în electronică*

CZ 621.37.38(083.72)

În cele ce urmează vom face cîteva observaţii şi propuneri relativ la terminologia folosită în electronică, cum şi la semnificaţia unor termeni uzuali.

Ca să ne dăm seama cum trebuie să vorbim sau care este semnificaţia unui cuvînt, ar trebui să folosim un dicţionar al limbii române cît mai complet, să zicem „Dicţionarul limbii române moderne", editat în 1958 de Editura Academiei R.P.R., care conţine un lexic bogat (circa 60 000 cuvinte şi a cărui apariţie a corespuns unei necesităţi reale. Pe lîngă o serie de calităţi evidente, acest dicţionar are însă şi o serie de lipsuri, mai ales în ceea ce priveşte partea care ne interesează. Astfel, la pag. 853, *televiziunea* este definită astfel:

Televiziune, s. f.: Tehnica transmiterii la distanţă a imaginilor unor obiecte (în mişcare) pe calea undelor vizuale (fără fir) — Fr.: télévision.

Trecînd peste obiecţia minoră că obiectele ar putea să stea şi pe loc, „undele vizuale" şi „fără fir" nu au nevoie de nici un comentariu. În aceeaşi lucrare, la pag. 885 se dă definiţia următoare: „*tub electronic*: tub în care se găsesc doi sau mai mulţi electrozi în care se produc descărcări electrice în gaze sau emisiune de electroni, folosit în radiofonie ca redresor etc". Eroarea este evidentă, întrucît tuburile cu gaz (care sînt prin excelenţă aparate ionice) au fost substituite tuburilor electronice (care prin definiţie sînt tuburi cu vid) etc. Asemenea inexactităţi sînt inadmisibile în momentul în care există o operă atît de completă şi de bine pusă la punct ca „Lexiconul tehnic romîn" sau chiar ca „Dicţionarul politehnic", editat de Editura Tehnică acum doi ani. Remarcăm că „Dicţionarul limbii române contemporane" este cu mult mai bine pus la punct, definiţiile fiind concrete şi concise. Astfel, la pag. 37 din vol. II al acestui dicţionar (litera D-1) se dau definiţiile cuvintelor *generatoare*, *generator* (cu toate cele trei sensuri ale sale), *generatrice* etc. Am dat acest exemplu tocmai pentru a arăta că şi într-o lucrare scrisă pentru nespecialişti se pot da definiţii clare, concise şi corecte.

Cîteva propuneri de terminologie

Se întîmplă însă uneori ca nici în lumea specialiştilor noţiunile să nu fie suficient de bine precizate. Vom da mai jos cîteva exemple, arătînd care este sensul adoptat sau numai propus pentru mai mulţi termeni din electrotehnică şi electronică. Cititorul îşi va da seama singur cît de uşor se pot produce confuzii în text dacă nu se întrebuinţează termenul potrivit (şi în traduceri în general se pot întîlni adesea astfel de expresii improprii), aşa încît nu vor fi necesare decît precizările de termeni care urmează:

a) *Legare — conectare (deconectare) — cuplare (decuplare) — racordare — branşament — rupere.*

Legarea este operaţia de punere în contact electric cu caracter permanent, contactul neputînd fi desfăcut decît prin tăierea sau distrugerea firului de legătură. Legarea se face prin sudare sau lipire, şi mai rar prin contact mecanic (nituire, strîngere cu şuruburi). În radio se foloseşte pentru a defini o legătură electrică şi termenul de *conexiune*.

Conectarea (şi operaţia ei inversă, *deconectarea*) este operaţia de punere în contact electric cu caracter temporar, putînd fi desfăcută la voinţă, fără distrugerea sau tăierea firului. Conectarea se poate face cu ajutorul unei fişe, al unui jac, chei de contact, releu, stecher etc.

Cuplarea (sau *decuplarea*) poate fi mecanică sau electromagnetică. De exemplu: un ax poate fi cuplat cu un alt ax etc. (Se spune cuplă mecanică, dar cuplaj electromagnetic). În radio se foloseşte termenul de „circuite cuplate". Nu se recomandă folosirea termenului de „cuplare" în legătură cu montajele şi schemele electrice şi electronice.

Racordarea este operaţia de legare la o reţea sau la un sistem energetic. (Semnificaţia geometrică folosită în desenul tehnic nu interesează aici). De exemplu, putem racorda o reţea de distribuţie la sistemul naţional.

Branşarea este operaţia de legare a unui consumator la reţeaua de distribuţie a energiei electrice.

În fine, termenul de *rupere* este folosit în legătură cu releele, ruperea unui releu semnificînd acţiunea releului de a întrerupe debitul într-un anumit circuit sau o reţea. Nu se recomandă folosirea acestui termen.

b) Legat de termenii de „conectare-deconectare", specificăm că în cazul unui releu se poate vorbi de *acţionarea releului*, care poate fi făcută fie prin *anclanşare*, fie prin *declanşare*; se mai foloseşte în legătură cu acţionarea releului şi termenul de *revenire* a releului; în nici un caz însă nu trebuie folosiţi termenii de „ruperea" sau „lipirea" releului (!) care sînt incorecţi din punct de vedere logic, întrucît un circuit întrerupt prin deconectare (aceasta este de fapt acţiunea releului) nu este rupt, şi cu atît mai puţin este „rupt" releul, iar un releu rămas anclanşat nu este de loc „lipit".

c) *Schemă-reţea-circuit-montaj.*

Prin *schemă* se înţelege reprezentarea grafică a unui circuit electric sau electronic. Prin *reţea* se înţelege sistemul de distribuţie a curentului electric, sau cel de înaltă tensiune. Prin *circuit* se înţelege totalitatea elementelor electrice sau electronice dintr-o schemă, inclusiv legăturile sau conexiunile dintre ele, iar prin *montaj* se înţelege echivalentul practic al acestor elemente, adică totalitatea tuburilor, condensatoarelor, rezistenţelor etc., folosite într-o schemă, cum şi şasiul, piesele de asamblare mecanică etc. În funcţie de reprezentarea elementelor putem avea o *schemă de principiu* (în care sînt reprezentate legăturile electrice) sau o *schemă de montaj* sau *de execuţie* (în care este reprezentată dispoziţia, eventual la scară a elementelor pe şasiu). În radio se mai foloseşte şi termenul de „schemă de conexiuni", care este sinonim cu „schemă de principiu". Se mai spune şi „schemă de legături electrice" (în electrotehnică de pildă). În cazul

* N. R. Invităm cititorii să-şi spună părerea, în paginile revistei, asupra terminologiei în automatică şi electronică, însoţind-o de propuneri utile celor ce se ocupă de elaborarea terminologiei.

în care schema reprezintă doar global etajele printr-un simbol, redînd în mare structura aparatului, vorbim de o *schemă-bloc*; dacă în această schemă se redau mai în amănunt legăturile şi elementele esenţiale pentru ca cititorul să poată urmări funcţionarea schemei, atunci schema se numeşte *schemă funcţională*, termenul fiind aproape sinonim cu cel de schemă-bloc.

A mai fost propus şi termenul de „schemă structurală", care schemă „reflectă compunerea elementelor tip (numărul şi felul lor), caracterul legăturilor dintre ele şi proprietăţile dinamice ale instalaţiei automate şi care serveşte pentru studiul acestor proprietăţi" [1]. Definiţia se referă în special la schemele de automatică, care după cum se ştie pot conţine şi elemente neelectronice (în special hidraulice), traductoare, maşini electrice etc.

În concluzie schemele pot fi:

de principiu (în radio: de conexiuni; în electrotehnică: de legături electrice);

de montaj sau de execuţie;

bloc sau şi funcţionale;

structurale (în automatică).

În legătură cu aceşti termeni este incorectă expresia de „reţea electronică", „reţea de stabilizare", „reţea de diferenţiere" etc. Trebuie spus: „circuit electronic", „circuit de stabilizare" etc., deoarece reţeaua este un termen care se referă la cu totul alt gen de circuite (la cele de forţă).

d) *Pană — depanare — avarie — deranjament (defecţiune) — defectare — punere la pămînt — scurtcircuit.*

Termenul de *pană* este folosit numai în electronică, în mecanică şi în mecanica auto (pană de motor). Termenul de depanare este folosit numai în radio şi mecanica auto. Nu se recomandă folosirea în electronică a termenului de *avarie* decît în cazul scoaterii din funcţiune a unei instalaţii prin distrugerea unei părţi a ei (prin accident) (explozia unui electrolitic de exemplu). Pentru clasificare, menţionăm că defectele se împart în *deranjamente* şi *avarii*. *Deranjamentul* sau *defecţiunea* este scoaterea din funcţiune fără distrugere sau cu distrugeri neînsemnate (arderea contactelor, ruperea unui fir etc.). *Defectarea* este acţiunea de a defecta. *Punerea la pămînt* este numai accidentală (în sistemele energetice de pildă), putînd avea un caracter temporar (descărcare electrică) sau permanent (avarie prin ruperea firului într-un punct al reţelei). *Legarea la pămînt* este o acţiune de protecţie (ca de exemplu punerea la masă). Uneori, punerea la pămînt, deşi are un caracter permanent, nu este avarie, şi anume în cazul scurgerilor prin izolaţie, sau în cazul punerii la pămînt a unei reţele dintre două bobinaje în triunghi ale unor transformatoare stea-triunghi, în care caz sistemul defectat continuă să funcţioneze, deşi avem pierderi şi sistemul se dezechilibrează.

e) *Adaptare (neadaptare) — echilibrare (dezechilibrare, neechilibrare) — acordare (dezacordare) — reglare — aliniere — ajustare — asimetrie — disimetrie — nesimetrie.*

Termenul de *adaptare* este folosit în legătură cu liniile de transmisiune sau circuitele cuplate (adaptarea liniei).

Termenul de *echilibrare* este folosit în legătură cu circuitele electronice (echilibrarea unei punţi sau a unei scheme) sau în legătură cu regulatoarele electronice (tensiuni de dezechilibrare).

Termenul de *acordare* se referă la acţiunea de reglare pe o anumită frecvenţă (acordarea circuitelor intermediare ale unui receptor sau acordarea unui instrument muzical).

Termenul de *reglare* este folosit atît în electronică cît şi în mecanică, optică etc. El este mai general decît termenii de „adaptare" şi „acordare" şi se referă la acţiunea de a face să coincidă valoarea unei mărimi fizice date cu o valoare, dinainte stabilită; reglarea electronică, de exemplu, se referă la acţiunea de obţinere a unor anumiţi parametri la un montaj dat.

Prin *„alinierea circuitelor"* unui receptor de exemplu, se înţelege acordarea tuturor circuitelor aparatului RF + + FI + ...), pe cînd „acordarea" se referă la un singur circuit (etaj).

Prin *ajustare* se înţelege reglajul fin al mărimii (valorii) unui element, ca de exemplu ajustarea unui trimer (spre deosebire de ajustarea mecanică care se referă la o anumită prelucrare mecanică, punctul comun fiind fineţea acesteia).

Termenii de *asimetrie, disimetrie* sau *nesimetrie* sînt sinonime folosite în electrotehnică, în legătură cu dezechilibrarea tensiunilor în reţelele trifazate. S-ar putea încerca micşorarea numărului de termeni folosiţi în acest caz pentru aceeaşi noţiune.

f) *Secţie — secţiune.*

Termenul de *secţie* se referă la împărţirea unui tot (întreg) în părţi (de exemplu: secţia fabricii, secţie de bobinaj[1] etc.), pe cînd *secţiune* este folosit în geometrie şi desen tehnic (secţiunea unui con sau secţiunea transversală după planul AA').

g) *Tub, celulă, element fotoelectric.*

Un *element fotoelectric* poate fi un tub sau o celulă fotoelectrică; în cazul cînd curentul electric trece prin vid, elementul fotoelectric este un *tub fotoelectric* (de exemplu: tuburile cu Cs sau Cs Sb), iar în cazul cînd conducţia are loc printr-un solid, vorbim de o *celulă fotoelectrică*, ea putînd fi fotorezistivă sau fotovoltaică [2].

h) *Tuburile stabilizatoare* cu gaz sînt aparate ionice, putînd fi de tip:

stabilitron (în cazul tuburilor cu gaz cu doi electrozi) şi *stabilovolt* (în cazul tuburilor cu gaz cu mai mulţi electrozi, folosite pentru stabilizarea simultană a mai multor tensiuni). De asemenea se propune termenul de *tub semnalizator cu neon* şi nu *lampă*[2].

În urma discutării acestor termeni şi a altora de acest fel, în cadrul unei comisii de standardizare de exemplu, s-ar putea stabili o regulă generală legiferată printr-un standard, în acelaşi mod în care s-au stabilit termenii de: aparat de măsurat şi nu „de măsură" sau „de măsurare" (STAS 4640), electrod — electrozi — anozi — catozi (şi nu anode, catode), valori efective şi nu valori eficace, scara aparatului de măsurat şi nu scala aparatului (termenul de scală fiind păstrat doar pentru aparatele de radio) etc.

Termeni incorecţi

Există în prezent în circulaţie şi o serie de termeni incorecţi, care sînt fie contradictorii, fie pleonasme. Vom da mai jos cîteva exemple:

a) *Multivibrator monostabil — bistabil — astabil.* Multivibratorul construit de Abraham este binecunoscut de toată lumea; el este un oscilator care vibrează simultan pe foarte multe frecvenţe („multivibrator"), unda rezultantă avînd o formă aproximativ pătratică. Circuitul monostabil funcţionează însă ca întreruptor, releu electronic etc. şi fiind monostabil, nu mai poate fi multivibrator. La fel, circuitul bistabil. Expresia „multivibrator astabil" adoptată din limba engleză fără o examinare prealabilă este un pleonasm, întrucît termenul de „astabil" nu face altceva decît să repete termenul de „multivibrator"; într-adevăr, dacă schema vibrează pe mai multe frecvenţe deodată, atunci evident că circuitul nu este stabil[3]. Caracteristicile aproape comune ale acestor scheme nu justifică însă confundarea lor, funcţionarea fiecărui circuit fiind deosebită de a celorlalte. Pentru a scăpa de contradicţiile enumerate mai sus, se propun următoarele alternative:

fie termenii de circuit monostabil, circuit bistabil sau celulă trigher şi multivibrator, termeni care au avantajul că sînt simpli (analog cu termenii folosiţi în limba rusă: одновибратор, триггерная ячейка и мультивибратор).

fie termenii de circuit basculant monostabil, bistabil şi multivibrator (analog cu termenii folosiţi în limba franceză).

b) *Contor Geiger-Müller.* Aparatul acesta, departe de a fi un „contor", este un tub cu gaz, în care se produc descărcări prin gaz numai în prezenţa unei radiaţii. Acest tub nu este un contor pentru că nu numără descărcările produse de radiaţie, ci un detector care detectează numai prezenţa radiaţiei; termenul de „detectron" propus de curînd [2] este foarte corect, dar sînt numai slabe speranţe să mai poată fi adoptat, dată fiind larga circulaţie internaţională a termenilor de „contor G. M." şi „contor proporţional", care induc în eroare aproape fără excepţie pe cei ce vin pentru prima dată

---

[1] Nu „secţie de bobinaje".

[2] Aceste semnificaţii (pct. *h*) au fost propuse de conf. ing. M. Berladschi de la Institutul Politehnic din Bucureşti.

[3] Dat fiindcă oscilatorul nu este sinusoidal, nu are niciun rost să vorbim aici de „stabilitatea frecvenţei".

în contact cu electronica nucleară. Recomandăm totuşi adoptarea termenului corect propus.

c) *Vectorul unei tensiuni.* Acest „vector" este de fapt reprezentarea în plan a mărimii unei tensiuni, faza tensiunii fiind considerată ca a doua coordonată polară a vectorului; diagrama nu este valabilă decît pentru o anumită frecvenţă. Or, în realitate, un vector este o mărime fizică cu trei caracteristici: mărime, direcţie şi sens, pe cînd „sensul" tensiunii este luat arbitrar de la origine către vîrf, deşi la fel de bine ar putea fi luat şi invers, sau de loc (diferenţele de fază ar păstra exact aceleaşi valori, iar segmentele care reprezintă diferitele tensiuni difuzate înainte şi înapoi ar putea păstra exact aceleaşi poziţii). În concluzie, chiar şi un vector în plan are trei caracteristici, pe cînd tensiunea nu are de cît două, indiferent dacă este continuă sau alternativă, nefiind din punct de vedere fizic un vector ca viteza sau acceleraţia unui mobil. În fine, tensiunea este o mărime esenţialmente scalară, fiind definită de integrala produsului scalar dintre cîmpul electric E (un vector) şi deplasarea infinit mică a acestuia dr (tot un vector), integrarea făcîndu-se de-a lungul unei curbe deschise Γ din cîmp, între punctele a şi b de exemplu [4]:

$$U = \int_a^b \mathbf{E}\,\mathbf{dr}$$

Deci, nici vorbă de vector. Iar dacă oricărui cîmp de mărimi scalare caracterizate prin două numere putem face să-i corespundă mulţimea numerelor dintr-un plan, asta nu înseamnă că respectiva mărime scalară a devenit un vector. Astfel, temperatura unui punct al unui solid poate depinde de poziţia punctului respectiv, ca de exemplu, în cazul unui cilindru prin al cărui ax şi generatoare trece o sursă plană radială semiinfinită. Temperatura oricărui punct depinde de distanţa şi de unghiul dintre raza vectoare a acestui punct şi raza vectoare prin care trece sursa plană semiinfinită. Temperatura nu devine din această cauză un vector, deşi îi putem asocia un segment dintr-un plan, orientat de la origine către vîrf, şi care face unghiul φ cu o rază vectoare de origine, luată arbitrar.

În concluzie, reluînd discuţia la un alt nivel, putem spune că nici analogia dintre mulţimea tuturor vectorilor dintr-un plan şi mulţimea numerelor complexe nu trece dincolo de operaţia de adunare, pentru care ambele mulţimi formează un grup [5].

Se vede deci că:

1. Mulţimea vectorilor dintr-un plan, pentru care am definit numai operaţia de adunare după proiecţii (adunare vectorială) formează un grup.

2. Mulţimea vectorilor din spaţiu pentru care am definit numai operaţiile de adunare şi produs vectorial formează un inel.

3. Mulţimea vectorilor din spaţiu sau din plan pentru care am definit, pe lîngă cele două operaţii de mai sus, şi operaţia de „produs scalar a doi vectori" nu mai formează un grup.

4. Mulţimea numerelor complexe pentru care am definit operaţiile de sumare, înmulţire şi împărţirea numerelor complexe (nu şi extragerea de rădăcină de exemplu, deoarece se pierde biunivocitatea) formează un corp.

Se vede deci, că există o corespondenţă biunivocă formală între mulţimea numerelor complexe şi mulţimea vectorilor conţinuţi într-un plan, dacă ne limităm numai la definirea operaţiei de sumare după proiecţii. Dar un „vector", pentru care nu se definesc produsele vectorial şi scalar, ca şi un număr complex pentru care nu se mai defineşte împărţirea, încetează de a mai fi (conform definiţiilor) vector şi respectiv număr complex.

Prin urmare, pe cînd numerele complexe formează un corp, mulţimea vectorilor dintr-un plan nu poate fi un corp, deoarece operaţia de împărţire a vectorilor nu are sens. Mulţimea vectorilor dintr-un plan nu poate forma nici măcar inel întrucît produsul vectorial a doi vectori ne scoate din plan (rezultatul fiind un vector perpendicular pe planul celor doi vectori factori), iar produsul scalar a doi vectori este un scalar, adică un element care nu mai face parte din mulţimea iniţială. În concluzie, corespondenţa dintre mulţimea vectorilor dintr-un plan şi mulţimea numerelor complexe nu este biunivocă.

Ţinînd seama de cele de mai sus, aşa-zisul „produs algebric a doi vectori în plan" nu este altceva decît produsul a două numere complexe, şi nicidecum un vector. Într-adevăr, elementul: $A + jB = (a_1 + jb_1)(a_2 + jb_2) = r_1 r_2 (\cos\ \alpha_1 + j \sin \alpha_1)(\cos \alpha_2 + j \sin \alpha_2) = r_1 r_2 [\cos\ (\alpha_1 + \alpha_2) + j \sin\ (\alpha_1 + \alpha_2)]$ este egal ca modul cu produsul modulelor celor doi „vectori", iar ca fază are suma fazelor acestora (care este tocmai definiţia aşa-zisului „produs algebric" în plan a doi vectori).

Renunţarea la această terminologie incorectă se impune de la sine, putînd fi înlocuită cu expresia corectă de „reprezentare a tensiunilor, impedanţelor şi curenţilor în planul complex", întrucît corespondenţa dintre mulţimea punctelor dintr-un plan, mulţimea tensiunilor alternative de o anumită frecvenţă (caracterizate prin amplitudinea şi faza lor) şi mulţimea numerelor complexe este biunivocă şi evident, permite o asemenea reprezentare. Pentru reprezentarea tensiunilor continue problema nu se pune, fiind suficientă reprezentarea pe o simplă axă şi corespondenţa cu numerele reale.

4. Concluzii

1. Din cele de mai sus reiese necesitatea evidentă a definirii termenilor, avînd drept corolar înlăturarea termenilor incorecţi şi adoptarea unor semnificaţii universal valabile.

2. Dat fiind că multe instituţii şi publicaţii folosesc terminologii diferite, care merg de la a acorda forme diferite pînă la sensuri deosebite cuvintelor care exprimă aceleaşi noţiuni, este de dorit să se elaboreze o serie de standarde care să definească cel puţin în linii mari terminologia folosită în electronică [6].

3. Publicarea periodică în cele două reviste de specialitate a terminologiei indicate pentru o anumită ramură a electronicii ar avea desigur un rol pozitiv în elaborarea standardelor respective cu putere de lege.

În încheiere, autorul mulţumeşte pe această cale ing. Cezar Ionescu de la I.D.T. pentru clarificarea multora din termenii propuşi aici şi conf. ing. M. Berladschi de la I.P.B., care prin discuţiile duse cu autorul au luat parte activă la elaborarea acestei lucrări.

Ing. G. IONESCU

BIBLIOGRAFIE

[1] Colectivul de terminologie al Comisiei de automatizare a Academiei R.P.R.: *Terminologia principalelor noţiuni de automatică*, Bucureşti, 1957. (Propuneri N.A.).

[2] DRĂGĂNESCU, M. şi STANCIU, GH.: *Propuneri de terminologie pentru elemente electronice*, Automatica şi electronica, *3* (1959) 2, p. 76.

[3] Ionescu G.; Asupra necesităţii unificării terminologiei folosite în electronică, Revista de standardizare, nr. 3. 1959.

[4] STAS 862 – 56.

[5] Reamintim că:

a. Prin grup înţelegem o mulţime, ale cărei elemente posedă proprietatea de a da naştere, printr-o operaţie de compunere, unui nou element al mulţimii, această compunere putînd fi o adunare aritmetică, o înmulţire sau o adunare după proiecţii (după regula paralelogramului) etc. Prin definiţie această operaţie de compunere trebuie să fie asociativă, comutativă şi distributivă.

b. Prin „inel" înţelegem o mulţime de elemente algebrice, prin a căror adunare sau înmulţire algebrică obţinem un nou element al mulţimii.

c. Prin „corp" înţelegem o mulţime de elemente algebrice, prin a căror adunare, înmulţire sau împărţire, obţinem un nou element al mulţimii.

[6] În momentul de faţă, din cele peste 5 000 de Standarde de Stat apărute, numai unul singur se referă la terminologia folosită în electronică: STAS 4261-54; Radioreceptoare, Subansambluri şi Piese componente, iar alte patru standarde se referă la Desenul tehnic folosit în radio şi telecomunicaţii; 1587-57: Desene tehnice, Radiocomunicaţii, Semne convenţionale speciale; Idem 2005-55: Telecomunicaţii; 2686-57: Telefonie şi 2687-57: Telegrafie. Este evident că semnificaţia şi forma termenilor (adică terminologia), are cel puţin tot atîta importanţă ca şi reprezentarea lor, deşi raportul dintre numărul de standarde ar părea să indice contrariul. Elaborarea standardelor de tuburi electronice (care se face în prezent la I.P.B.) şi de semiconductoare (care se face la I.C.E.T.), va îmbunătăţi desigur situaţia. Efortul de definire a termenilor ar trebui să fie mult intensificat, pentru a lichida evidenta rămînere în urmă din acest domeniu, prin elaborarea unor standarde care să cuprindă cel puţin domeniile principale (Emiţătoare, Televiziune etc.)[3].

СОДЕРЖАНИЕ

ДК **621.314.7**

TĂNĂSESCU, T. :

Полупроводники в технике.

Automatica şi electronica, **4** (1960) № 3, стр. 97—108

В статье показаны основные свойства полупроводников и освещается нынешнее положение в отношении их применения в технике полупроводниковых приборов.

ДК **621.314.7 :621.317.791**

NICOLAU, EDM. :

Методы измерения полупроводниковых приборов.

Automatica şi electronica, **4** (1960) № 3, стр. 109—114

Рассматриваются вопросы, выдвигаемые измерением полупроводниковых приборов. При этом обобщаются основные методы измерения на уровне современной техники.

ДК **621—52 ; 681.14 (R)**

PAPADACHE, I. :

Вычислители в автоматизации и перспективы их внедрения в румынской промышленности.

Automatica şi electronica, **4** (1960) № 3, стр. 115—121

Указаны способы внедрения вычислителей для усовершенствования производственных процессов; приводятся примеры их применения и указываются достигнутые или ожидаемые результаты. В Румынии промышленные отрасли, в которых применение вычислителей считается экономичным, находятся в стадии бурного развития. Предлагается план работ в данной области.

ДК **681.142 ; 621—52**

POPOV, V. M. :

К вопросу оптимального програмирования в случае анасогичных счетно-вычисительных машин.

Automatica şi electronica, **4** (1960) № 3, стр. 132—125

Исследуется точность решения линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами при помощи аналогичных машин определения условий, при которых погрешность возникающая при решении какой-либо задачи данной машиной является минимальной; уточняется статистический критерий для качественного сравнения различных программ, возможных для одной и той же задачи. При этом берется частный случай рассматриваемой задачи и уточняется оптимальная программа из определенного семейства применяемых в практике программ.

ДК **621.374.32 ; 621.387.4**

POENARU, D. :

Измеритель скорости счета.

Automatica şi electronica, **4** (1960) № 3, стр. 125—134

Обобщаются теоретические и практические вопросы, возникающие при конструировании приборов для непосредственного показания скорости счета. Указывается метод проектирования диодного интегратора и описывается разработанный автором прибор.

ДК **511.48 : 681.142**

PÎRVU, A. :

Линейное программирование.

Automatica şi electronica, **4** (1960) № 3, стр. 135—138

ДИСКУССИИ

ДК **621.371.38(083.72)**

IONESCU, G. :

О применяемой в электронике термиологии.

Automatica şi electronica, **4** (1960) № 3, стр. 138—140

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.314.7

TĂNĂSESCU, T. :

Die Halbleiter din der Technik

Automatica şi electronica, **4** (1960) H. 3, S. 97—108.

Der Artikel legt die Grundeigenschaften der Halbleiter dar und den heutigen Stand ihrer Verwendung in der Technik der Halbleiter-Bauteile.

DK 621.314.7 :621.317.791

NICOLAU, EDM. :

Messverfahren für Halbleiter-Bauteile

Automatica şi electronica, **4** (1960) H. 3, S. 109—114.

Es werden die bei der Messung von Halbleiter-Bauteilen auftretenden Fragen geprüft und die Hauptverfahren beim heutigen Stand der Technik zusammengefasst.

DK 621—52 : 681.14 (R)

PAPADACHE, I. :

Elektronische Rechner in der Automatisierung und die Aussichten ihrer Einführung in unserer Industrie.

Automatica şi electronica, **4** (1960) H. 3, S. 115—121

Es wird die charakteristische Art gezeigt, in der die Rechner für die Optimalisierung der Produktionsprozesse eingeführt werden; Anwendungsbeispiele und erhaltene oder erwartete Ergebnisse werden dargelegt. Die Industriezweige in denen die Ausstattung der Selbstregelungssysteme mit elektronischen Rechnern sich als wirtschaftlich erwiesen hat, befinden sich auch in der RVR in starker Entwicklung. Es wird ein Arbeitsplan für dieses Gebiet vorgeschlagen.

DK 681.142 : 621—52

POPOV, V. M. :

Beitrag zur Frage der optimalen Programmierung von Analog-Rechnern.

Automatica şi electronica, **4** (1960) H. 3, S. 132—125

Es wird die Genauigkeit der Lösung von linearen Differentialgleichungen mit konstanten Koeffizienten, mit Hilfe von Analog-Rechenmaschinen untersucht, mit dem Zweck, die Bedingungen zu ermitteln, unter denen der bei der Lösung eines bestimmten Problems mit einer gegebenen Maschine auftretende Fehler am geringsten ist. Es wird ein statisches Kriterium festgelegt zum Vergleich der Qualität verschiedener möglichen Programmierungen desselben Problems. Fortlaufend, als Sonderfall der behandelten Frage, wird die optimale Programmierung einer bestimmten Gruppe von in Anwendungen begegneten Programmierungen festgelegt. Im behandelten Fall erhält man den minimalen Fehler indem man vermeidet, Kopplungspotentiometer mit einer Klemme an Masse zu verwenden und indem man die Übertragungskoeffizienten der Kopplungsnetze so wählt, dass der Absoluthöchstwert der Spannungen am Ausgange aller im Rechnungsvorgang verwendeten Verstärker gleich der Spannungseinheit der Maschine ist.

DK 621.374.32 : 621.387.4

POENARU, D. :

Zählhäufigkeitsmesser

Automatica şi electronica, **4** (1960) H. 3, S. 125—134

Es werden die theoretischen und praktischen Fragen zusammengefasst, die beim Bau von Apparaten mit direkter Anzeige der Zählunsgeschwindigkeit auftreten. Es wird ein Verfahren zur Berechnung eines Zählhäufigkeitsmesser mit Diode mitgeteilt und ein vom Verfasser ausgeführtes komplettes Gerät beschrieben.

DK 511.48 :681.142

PÎRVU, A. :

Lineaire Programmierung

Automatica şi electronica, **4** (1960) H. 3, S. 135—138.

BESPRECHUNGEN

DK 621.371.38 (083.72)

IONESCU, G. :

Über die in der Elektronik verwendete Terminologie.

Automatica şi electronica, **4** (1960) H. 3, S. 138—140

SOMMAIRE

CD 621.314.7

TĂNĂSESCU, T. :

Les semiconducteurs en technique

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 3, p. 97—108.

Dans l'article on présente les propriétés fondamentales des semiconducteurs et l'état actuel de leur uilisation dans la technique des dispositifs semiconducteurs.

CD 621.314.7 :621.317.791

NICOLAU, EDM. :

Méthodes de mesure des dispositifs semiconducteurs

Automatica şi electronica 4 (1960) no. 3, p. 109—114

On examine les problèmes posés par la mesure des dispositifs semiconducteurs en synthétisant les principales méthodes, au niveau de la technique actuelle.

CD 621—52 : 681.14 (R)

PAPADACHE, I. :

Calculateurs utilisés en automation et perspectives de les introduire dans notre industrie.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 3, p. 115—121

On montre les moyens caractéristiques d'introduire les calculateurs, en vue d'optimaliser les processus de production, on décrit des exemples d'application et les résultats obtenus ou attendus. Il est économique d'introduire les calculateurs dans l'automation de celles des industries qui se développent rapidement aussi dans la R.P.R. On propose un plan de travail dans ce domaine.

CD 681.142 : 621—52

POPOV, V. M. :

Contribution au problème du programme optimum des machines à calculer analogiques.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 3, p. 122—125

On étudie la précision des machines analogiques dans la résolution des équations différentielles, linéaires, à coefficients constants, dans le but d'établir les conditions dans lesquelles l'erreur commise à la résolution d'un problème donné, avec une machine donnée, est minime. On établit un critérium statistique pour comparer les qualités des différents programmes possibles pour un même problème. Par la suite, en traitant un cas particulier du problème donné, on établit le programme optimum, d'une certaine famille de programmes utilisés dans les applications. Dans le cas envisagé l'erreur minimum est obtenue en évitant l'utilisation des potentiomètres de couplage ayant une borne à la masse et en choisissant les coefficients de transfert des réseaux de couplage de telle sorte que les tensions maxima (en module) de sortie de tous les amplificateurs utilisés dans le calcul, soient égales à l'unité de tension de la machine.

CD 621.374.32 : 621.387.4

POENARU, D. :

Intégrateur pour mesurer la vitesse de numération.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 3, p. 125—134

On synthétise les problèmes théoriques et pratiques qui apparaissent à la construction des appareils à lecture directe de la vitesse de numération. On donne une méthode pour le projet d'un intégrateur à diode et on décrit un appareil complet, réalisé par l'auteur.

CD 511.48 :681.142

PÎRVU, A. :

Programme linéaire

Automatica şi electronica 4 (1960) no. 3, p. 135—138.

DISCUSSIONS

CD 621.371.38 (083.72)

IONESCU, G. :

Sur la terminologie utilisée en électronique.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 3, p. 138—140

CONTENTS

DC 621.314.7

TĂNĂSESCU, T. :

Semiconductors in techniques

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 3, p. 98—108.

The paper discusses the basic properties of the semiconductors and the present stage of their use in the semiconductor devices techniques.

DC 621.314.7 :621.317.791

NICOLAU, EDM. :

Methods of measuring semiconductor devices

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 3, p. 109—114.

The problems posed when measuring semiconductor devices are investigated followed by a synthesis of the main methods on level of the present engineering.

DC 621—52 : 681.14 (R)

PAPADACHE, I. :

Computers in automation and an outlook on their introduction in our industry.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 3, p. 115—121

The characteristic ways followed in the introduction of computers in industry, for the optimization of production processes, is described ; one gives some examples, the results which were obtained and those which were waited for. The industries in which the introduction of computers was found to be economical are those which have a big development in our country also. One proposes a plan for working in this field.

DC 681.142 : 621—52

POPOV, V. M. :

A contribution to the problem of optimal programming in analog computers.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 3, p. 122—125

A study is made concerning the precision of the solution given by analog computers of linear differential equations with constant coefficients, in order to find the condition of minimum error in a given problem and a given computer. A statistical criterion for the comparison between different possible programs of the same problem is found. The treatment is then specialized, the optimum program from a currently encountered in applications family being found. In the treated case, minimum error occurs when the use of coupling potentiometers with a grounded terminal is avoided and the coefficients of transfer of the coupling nets have values such that maximum (in modulus) tension at the outputs of all the amplifiers in use are equal to the unity tension of the computer.

DC 621.374.32 : 621.387.4

POENARU, D. :

Counting-Rate Meter

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 3, p. 125—134

Theoretical and practical problems appearing in connection with direct-reading ratemeters are synthesized. One gives a method for designing diode integrators and one describes a complete instrument built by the author.

DC 511.48 :681.142

PÎRVU, A. :

Linear data processing

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 3, p. 135—138.

DISCUSSIONS

DC 621.371.38 (083.72)

IONESCU, G. :

About the terminology which is being used in electronics.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 3, p. 138—140

A APĂRUT

MANUALUL INGINERULUI ELECTRICIAN

VOL. VIII

ELECTRIFICAREA ŞI AUTOMATIZAREA ÎN ÎNTREPRINDERILE INDUSTRIALE

EDITURA TEHNICĂ
BUCUREŞTI
1959

1476 pagini 91,50 lei

VOLUMUL VIII INCHEIE SERIA VOLUMELOR CARE FORMEAZĂ MANUALUL INGINERULUI ELECTRICIAN. ACEST MANUAL, UNIC IN FELUL SĂU IN LITERATURA MONDIALĂ, OFERĂ INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR UN SPRIJIN EFICACE IN MUNCA DE PROIECTARE ŞI EXPLOATARE IN DOMENIUL ELECTROTEHNICII CURENŢILOR TARI.

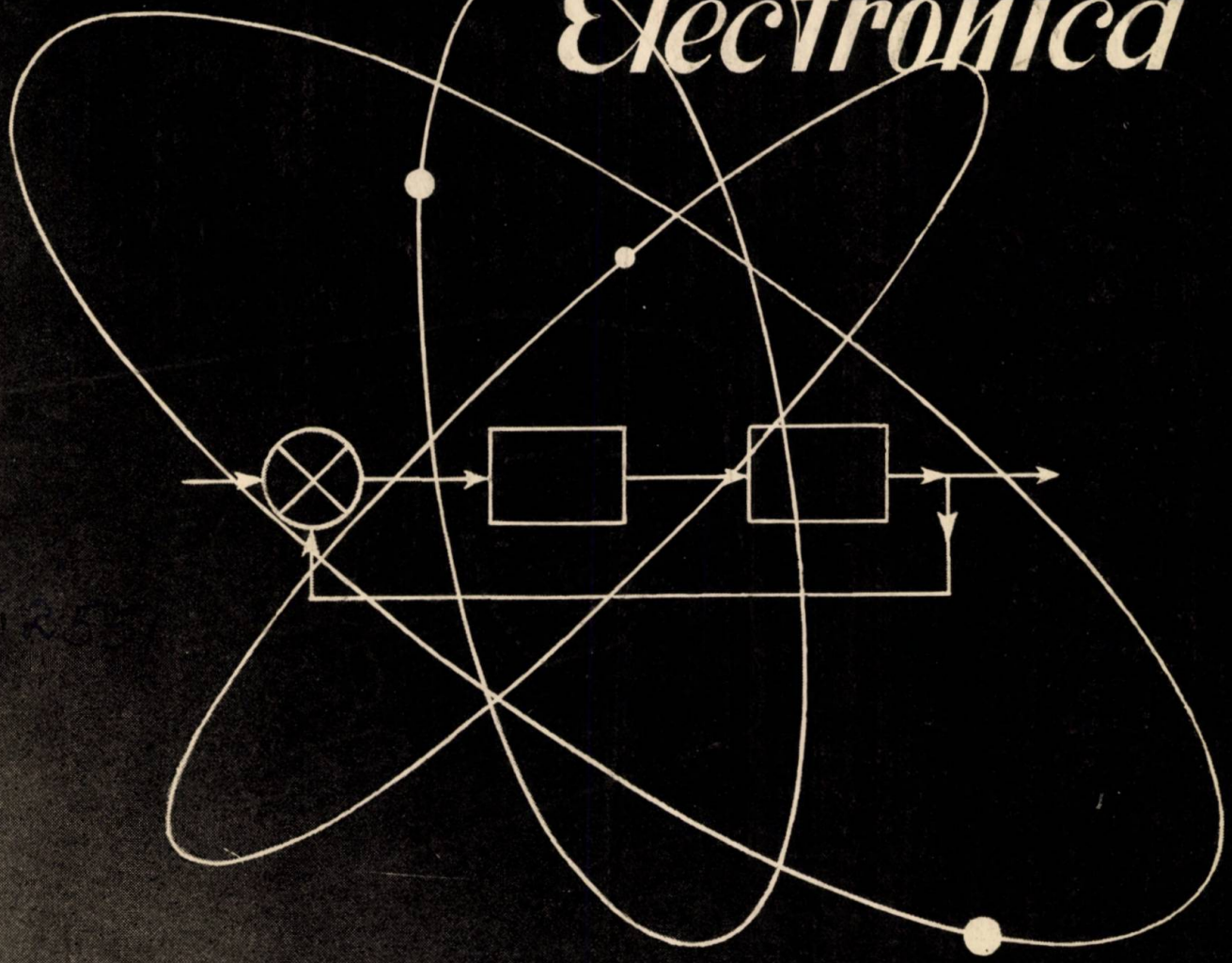
Ingineri şi tehnicieni

Apar :

Revistele tehnice de specialitate, elaborate de Asociaţia Ştiinţifică a Inginerilor şi Tehnicienilor, aduc la cunoştinţă cadrelor tehnice din producţie, învăţămînt, cercetare şi proiectare, ultimile realizări obţinute în ştiinţele tehnice din ţară şi străinătate.

AUTOMATICA ŞI ELECTRONICA
CELULOZĂ ŞI HÎRTIE
ELECTROTEHNICA
ENERGETICA
HIDROTEHNICA
INDUSTRIA LEMNULUI
INDUSTRIA TEXTILĂ
INDUSTRIA UŞOARĂ
METALURGIA ŞI CONSTRUCŢIA DE MAŞINI
PETROL ŞI GAZE
REVISTA CONSTRUCŢIILOR ŞI A MATERIALELOR DE CONSTRUCŢII
REVISTA DE CHIMIE
REVISTA INDUSTRIA ALIMENTARĂ – PRODUSE ANIMALE
REVISTA INDUSTRIA ALIMENTARĂ – PRODUSE VEGETALE
REVISTA MINELOR
REVISTA PĂDURILOR
REVISTA TRANSPORTURILOR
TELECOMUNICAŢII

Automatica și Electronica



VOL. 4
1960
Nr. 4
IULIE
AUGUST
P. 141 — 192
BUCUREȘTI

NOUL PRODUS DE CALITATE

Radioreceptorul

Junior

- Vă asigură o reproducere sonoră, naturală şi plăcută, în gamele de unde lungi, medii şi scurte
- Dispozitive simple şi originale de acord şi comutare
- Casetă elegantă cu o mască ornament din material plastic, care se adaptează în mod armonios la orice interior

Electronica

FABRICĂ DE PIESE ŞI APARATE DE RADIO, TELEVIZOARE ŞI ELECTRONICĂ INDUSTRIALĂ

Bucureşti — Str. Baicului nr. 82, Telefon: 12 19 40 – 12 19 46 – 12 19 49

E 2551

Automatica și Electronica

Vol. 4 (1960) nr. 4 (iulie—august), p. 141—192

CUPRINS

EDITORIAL:

Un program important de mecanizare și automatizare în Republica Populară Romînă
Intreprindere pentru automatizări industriale
Automatica și electronica, 4 (1960) nr. 4, p. 141—142.

CZ 621—53

SZÉKELY, I. ȘI STĂNCIOIU, I.:

Starea actuală și perspectivele automatizării industriei chimice din R.P.R.
Automatica și electronica, 4 (1960) nr. 4, p. 143—149.

CZ 681.14 : 338.062

TĂNĂSESCU, T., MĂNESCU, M. și NICOLAU, EDM.:

Mașinile de calcul în lucrările de planificare și evidență
Automatica și electronica, 4 (1960) nr. 4, p. 150—155.

Articolul expune stadiul actual și posibilitățile de utilizare a mașinilor electronice în lucrările de planificare și evidență.

CZ 621—53 : 662.69 : 622.698

MAIER, E.:

Automatizări în rețelele orășenești de distribuție a gazului natural
Automatica și electronica, 4 (1960) nr. 4, p. 156—162.

Se expune necesitatea introducerii sistemelor de telemecanică în rețelele urbane de distribuție a gazului natural, problemele serviciului dispecerului central și aparatura de telemecanizare utilizată. Se descrie o schemă de telesemnalizare a depășirilor presiunii limită, elaborată la ICET.

CZ 621—53 :621.335.1—833.6

DAMSKER, D., COSTAKE, N., FLEISCHER, R. și WEINRICH, G.:

Automatizarea tracțiunii Diesel-electrice realizată la automotoarele „23 August"
Automatica și electronica, 4 (1960) nr. 4, p. 162—167.

Se descrie o schemă funcțională a automatizării transmisiei Diesel electrice elaborată de autor și avantajele ei. Schema a fost aplicată la automotoare în exploatare, dînd rezultatele preconizate.

CZ 620.179.16 : 534.321.9.08

STERE, R., FELEA, I. și NEGREANU, D.:

Aparat pentru defectoscopie și măsurări cu ultrasunete
Automatica și electronica, 4 (1960) nr. 4, p. 168—176.

Se descrie un defectoscop cu ultrasunete universal, destinat pe de o parte detectării defectelor în piesele metalice sau ceramice, iar pe de alta, măsurării constantelor elastice ale materialelor. Aparatul lucrează în domeniul de frecvențe 0,5—5 MHz și este înzestrat cu circuite electronice care permit măsurarea precisă fie a distanței pînă la defect, fie — pe probe de dimensiuni cunoscute — a vitezei de propagare a ultrasunetelor în diferite materiale

CZ 621.314.5.024 : 621.314.7

HERȘCOVICI, H., PRANITCHI, A. și SCHĂCHTER, L.:

Convertizoare de curent continuu cu tranzistoare.
Automatica și electronica, 4 (1960) nr. 4, p. 177—184.

Se descrie principiul de lucru al convertizoarelor de c.c. cu tranzistoare se prezintă cîteva scheme cu și fără stabilizarea tensiunii la ieșire și se indică metodele de proiectare a acestor scheme.

CZ 621.52.001.57 : 53.072.13

DRĂGĂNESCU, M.:

Scheme echivalente pentru pompe de vid, în vederea analogiei electrice a instalațiilor de vid.
Automatica și electronica, 4 (1960) nr. 4, p. 185—189

Se dezvoltă scheme electrice echivalente pentru pompe mecanice de vid și pompe de difuzie. Aceste scheme ușurează înțelegerea comportării instalațiilor de vid și sînt utile pentru calculul instalațiilor de vid.

NOTE, p. 190—191
RECENZII, p. 192

Revista AUTOMATICA ŞI ELECTRONICA, organ al Asociaţiei Ştiinţifice a Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. Editor: Asociaţia Ştiinţifică a Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. Redacţia: Bucureşti, Str. Ion Ghica nr. 3, Raion Tudor Vladimirescu. Telefon: 14.15.95 şi 16.78.78. Administraţia şi casieria: Bucureşti, Calea Victoriei nr. 118, Raion I. V. Stalin. Telefon: 14.06.24. Redacţia îşi rezervă toate drepturile privind lucrările precum şi materialul grafic-ilustrativ apărut în revistă, cît şi cele privitoare la traducerea în limbi străine. Se admit extrase sau comentarii numai cu indicarea completă a sursei. Revista apare o dată la două luni. Abonamentele se primesc la administraţia revistei, la sediile filialelor şi subfilialelor ASIT din întreaga ţară precum şi la responsabilii cu presa din cercurile ASIT. Instituţiile şi întreprinderile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinete tehnice în contul nostru de virament: Publicaţiile tehnice ASIT 070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin. Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual; individual: lei 30 anual. Preţul unui exemplar: lei 5. Tiparul: Întreprinderea Poligrafică nr. 2, Bucureşti. — c. 1681

Automatica și Electronica

REVISTĂ TEHNICO-ȘTIINȚIFICĂ DE AUTOMATICĂ,
ELECTRONICĂ INDUSTRIALĂ ȘI TEHNICĂ NUCLEARĂ

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.

Vol. IV (p. 141—192) Nr. 4, iulie—august București, 1960

MŰSZAKI ... 1883

EDITORIAL

Un program important de mecanizare și automatizare în Republica Populară Romînă

Directivele Congresului al III-lea ale Partidului Muncitoresc Romîn, pentru planul de dezvoltare a economiei naționale pe anii 1960—1965 și pentru programul economic de perspectivă au avut în mijlocul maselor de oameni ai muncii un ecou plin de entuziasm și însuflețire.

Îndeplinirea prevederilor cuprinse în Directive va ridica economia națională pe o treaptă superioară creînd condițiile unui nou și puternic avînt al tuturor ramurilor economiei și a bunăstării poporului.

De la Congresul al II-lea al P.M.R. oamenii muncii au depus o activitate plină de eroism sub conducerea partidului, obținînd realizări istorice ce stau la baza prevederilor Directivelor celui de al III-lea Congres. Astfel a fost îndeplinită cu succes sarcina trasată de Congresul al II-lea al P.M.R. cu privire la creșterea producției industriale cu 60—65%. Volumul producției industriale va fi la sfîrșitul acestui an de 5 ori mai mare decît în 1938. Au fost îndeplinite cu aproape un an mai devreme prevederile planului de electrificare elaborat de partid pentru etapa 1951—1960. Importante succese s-au obținut și în agricultură. Congresul al II-lea al P.M.R. a trasat ca sarcină ca în 1960 sectorul socialist din agricultură să fie preponderent ca suprafață și ca producție marfă ; această sarcină a fost realizată încă de la sfîrșitul anului 1959. La 1 martie a.c. sectorul socialist din agricultură cuprindea 77% din suprafața arabilă și peste 76% din totalul familiilor țărănești, asigurînd cea mai mare parte a cerealelor și altor produse agroalimentare pentru fondul centralizat al statului. Toate aceste înfăptuiri de importanță istorică au avut drept rezultat creșterea continuă a nivelului de trai al celor ce muncesc. A fost îndeplinită și depășită sarcina trasată de Congresul al II-lea al partidului ca în 1960 salariul real să crească cu 30% față de 1955.

Sprijinul multilateral economic, tehnic, științific acordat de Uniunea Sovietică și relațiile de colaborare și într-ajutorare frățească dintre țările lagărului socialist au avut o importanță deosebită în obținerea unui bilanț atît de bogat.

Realizările obținute pînă în prezent au dus la crearea bazei tehnico-materiale necesare unui progres continuu, într-un ritm sporit, al întregii economii naționale în viitorii ani.

Succesele obținute pînă în prezent ne întărese convingerea în justețea liniei politice trasate de Partidul Muncitoresc Romîn, linie bazată pe învățătura marxist-leninistă despre industrializarea socialistă, dezvoltarea cu precădere a industriei grele, transformarea socialistă a agriculturii și înfăptuirea culturii noi, socialiste.

Directivele arată că sarcina fundamentală a planului economic pe viitorii 6 ani, 1960—1965, este dezvoltarea bazei tehnico-materiale a socialismului, creșterea rapidă a forțelor de producție în vederea desăvîrșirii construcției socialiste în țara noastră.

Încheierea colectivizării agriculturii va permite ca relațiile de producție socialiste să cuprindă întreaga economie națională, aceasta din urmă căpătînd un caracter unitar.

În planul de 6 ani se prevede continuarea industrializării socialiste, principalele eforturi fiind îndreptate spre industria grea în scopul de a menține un ritm ridicat de creștere a tuturor ramurilor economiei și nivelului de trai al oamenilor muncii. În 1965, producția industrială globală va fi aproximativ de 2,1 ori mai mare decît în 1959, creștere care corespunde unui ritm mediu anual de 13%. În această perioadă producția industriei mijloacelor de producție va spori de circa 2,2 ori iar cea a industriei bunurilor de consum de circa 2 ori. Producția de oțel va crește pînă la sfîrșitul planului de 6 ani de 2,3 ori. Obiectivul industrial cel mai important în perioada 1960—1965 îl constituie noul combinat siderurgic de la Galați.

Directivele arată că o condiție principală pentru îndeplinirea cu succes a planului economic de 6 ani o constituie introducerea tehnicii celei mai noi în toate ramurile economiei naționale. O atenție specială se va acorda mecanizării și automatizării complexe a producției, introducerii în producție a realizărilor științei și tehnicii moderne. În industriile cu procese continue de fabricație ca : siderurgie, energetică, chimie, prelucrarea țițeiului se va introduce și extinde automatizarea complexă. În toate ramurile industriei prelucrătoare se vor introduce mașini automate individuale și linii automate. Industria constructoare de mașini va fi dotată cu mașini-unelte automate cu operații multiple (cu program), mașini de copiat electronice, linii automate și semiautomate pentru fabricarea de elemente tipizate de mașini și piese de serie mare. Treptat se vor produce în țară elemente de automatizare, în special electronice, pe bază de semiconductori, se va crea o întreprindere care va fi specializată în cercetarea, proiectarea și montajul instalațiilor de automatizare. Mașinile electronice de calcul se vor folosi din ce în ce mai mult în industrie și economie.

O atenție deosebită se va acorda colaborării dintre cercetare și producție în scopul folosirii energiei nucleare în scopuri pașnice, pentru proiectarea și folosirea aparaturii electronice și mașinilor de calcul, pentru utilizarea radioizotopilor în diversele aplicații, pentru introducerea semiconductorilor.

În agricultură, ca urmare a încheierii colectivizării precum și creșterii economice a G.A.S. și G.A.C. producția globală agricolă va crește pînă în 1965 cu 70—80% față de 1959. O deosebită grijă se va acorda înzestrării agriculturii cu mijloace tehnice avansate, ridicîndu-se gradul de mecanizare a lucrărilor agricole.

Dezvoltarea bazei tehnico-materiale a socialismului în următorii ani va duce la o înflorire continuă a învățămîntului și culturii, la neîntrerupta creștere a nivelului de trai al celor ce muncesc. Salariul real al muncitorilor, inginerilor și tehnicienilor și funcționarilor va crește cu circa 40—45% pînă în 1965 față de nivelul realizat în a doua jumătate a anului 1959. În aceeași perioadă, veniturile reale ale țărănimii vor crește cu aproximativ 40%.

Volumul de investiții din fondurile statului va fi în perioada 1960—1965 de 170—180 miliarde lei, de două ori mai mare

faţă de perioada 1954—1959, asigurîndu-se creşterea forţelor de producţie în ritmul şi la nivelul prevăzut.

Planul de şase ani constituie prima etapă a programului de perspectivă a economiei naţionale pînă în anul 1975. Programul de perspectivă va fi orientat în direcţia creşterii intense şi multilaterale a forţelor de producţie în vederea desăvîrşirii construcţiei socialiste şi trecerii treptate la construirea comunismului. El arată că în următorii 15 ani există posibilitatea creşterii producţiei industriale cu peste şase ori faţă de 1959, deci de 26 ori faţă de 1938. Mecanizarea şi automatizarea vor sta în centrul atenţiei ca pîrghie principală în ridicarea productivităţii muncii şi reducerea preţului de cost. Construcţia de maşini va trebui să fie permanent la nivelul tehnicii mondiale în privinţa mecanizării şi automatizării. Se vor automatiza complet procese tehnologice continui din industria siderurgiei, chimică, uşoară, alimentară şi altele.

Programul de perspectivă prevede că pînă la sfîrşitul perioadei de 15 ani vor fi create condiţiile necesare pentru realizarea electrificării tuturor localităţilor rurale din ţara noastră. Se mai prevede rezolvarea practică, în toate oraşele şi centrele industriale a problemei locuinţelor, reducerea treptată a zilei de muncă în decursul planului de şase ani pe baza creşterii productivităţii muncii şi ca rezultat al progresului tehnic.

Directivele pentru dezvoltarea economiei naţionale pe anii 1960—1965 şi schiţa pentru dezvoltarea economiei naţionale în perspectivă reprezintă un minunat program de activitate creatoare pentru întregul nostru popor. Dezbaterea acestui document dovedeşte o manifestare în plus a adîncului democratism al regimului nostru, a puternicii legături dintre partid, guvern şi popor, care participă la rezolvarea tuturor problemelor statului nostru.

Inginerii şi tehnicienii, alături de toţi oamenii muncii sînt chemaţi să-şi aducă aportul lor la traducerea în fapt a acestui document de o deosebită importanţă, să discute temeinic sarcinile ce decurg din el, să arate căile de valorificare a rezervelor economiei noastre, de ridicare a productivităţii muncii şi de reducere a preţului de cost. De asemenea au datoria să promoveze tot ce este nou şi înaintat în tehnică, să extindă experienţa avansată, să pună capăt lipsurilor ce mai există.

Întîmpinînd cu satisfacţie marile obiective prevăzute în Directive, oamenii muncii îşi exprimă hotărîrea de a înfăptui cu succes sarcinile trasate de partid în scopul creării unei vieţi din ce în ce mai îmbelşugate.

Pe temele Directivelor Congresului al III-lea al P.M.R.

Intreprindere pentru automatizări industriale

Automatizarea proceselor de producţie, metodă fundamentală a tehnicii noi, constituie obiectul unui program de ansamblu de mari proporţii în cadrul Directivelor Congresului al III-lea al P.M.R. Introducerea automatizărilor în întreaga industrie din ţară şi în special în industriile fundamentale : siderurgică şi metalurgică, energetică, chimică şi petroliferă, industria bunurilor de consum, se va face în perioada 1960—1965 într-un ritm care va depăşi cu mult realizările de pînă acum. Deşi, mai ales în ultimii ani, investiţiile industriale au cuprins un procent însemnat destinat automatizării, prin Directive se prevede că în dezvoltarea industrială viitoare, introducerea automatizărilor complexe se va extinde la toate unităţile industriale noi. În acest scop, prin Directive se prevăd măsurile corespunzătoare pentru ca un asemenea program să poată fi realizat.

Automatizarea industrială necesită în primul rînd fabricarea unui sortiment cît mai complet de elemente de automatizare. Acest lucru a fost de mai multe ori arătat în studiile publicate de revista noastră. Directivele prevăd fabricarea, după un plan de ansamblu realizat pe etape, a acestor elemente de automatizare. Întrebuinţarea semiconductoarelor, pentru care o fabrică este în curs de instalare, va asigura acestor elemente caracteristici tehnice la nivelul internaţional.

În acest domeniu este deosebit de bine venită hotărîrea de a se înfiinţa o întreprindere complexă, al cărui specific să fie automatizările industriale. Directivele prevăd ca această întreprindere să aibă ca profil cercetarea, proiectarea şi executarea instalaţiilor automate pentru toate domeniile industriale. Această problemă a fost examinată de automatiştii din ţară şi îndelung dezbătută. Care sînt concluziile care se degajă din opiniile exprimate în această privinţă?

Deşi automatizarea trebuie să se aplice unei varietăţi nesfîrşite de procese tehnologice, totuşi metodele de a o realiza, precum şi parametrii de reglat sînt comuni în numeroase cazuri.

Proiectarea automatizărilor în cadrul unei întreprinderi de specialitate va introduce, fără îndoială, o tipizare şi o sistematizare care vor uşura executarea şi, pînă în cele din urmă, ieftini instalaţiile automate. Numeroasele automatizări industriale prevăzute în planul de dezvoltare pe anii 1960—1965, vor necesita studii cu caracter tehnic pentru a stabili condiţiile specifice din ţara noastră care trebuie avute în vedere la proiectare. Cunoaşterea precisă a proceselor tehnologice, obţinută prin măsurări şi experimentări, asigură o eficienţă ridicată controlului automat şi cheltuielile necesitate de aceste cercetări s-au dovedit întotdeauna justificate. Desigur cercetările în ce priveşte determinarea performanţelor dorite trebuie să se extindă şi la elementele de automatizare, deşi fabricarea acestor elemente este trecută în sarcina fabricilor de specialitate. Cercetări de nivel ştiinţific în automatizări vor trebui însă asigurate în cadrul altor organizaţii cu un profil corespunzător.

În ţara noastră s-au executat, mai ales în ultimii ani, instalaţii automate de mare amploare şi la un nivel tehnic ridicat. Aceasta arată capacitatea tehnică ridicată a specialiştilor noştri în proiectare şi montare, de a face faţă tuturor problemelor pe care le pun automatizările industriale. Este necesar însă ca metodele de execuţie să fie uniforme şi ca tehnicienii specialişti să fie bine întrebuinţaţi. În numeroase cazuri desenele de execuţie trebuie tipizate. O asemenea activitate este prevăzută pentru noua întreprindere. Trecerea în sarcina noii întreprinderi a formării personalului de întreţinere pentru instalaţiile automate ce s-ar executa, este o decizie ale cărei repercusiuni vor fi deosebit de folositoare pentru buna lor funcţionare.

Considerăm că dificultatea actuală cea mai mare în legătură cu instalaţiile automate o constituie asigurarea unei bune întreţineri. Aceasta înseamnă că personalul de întreţinere trebuie să fie bine pregătit şi să se asigure la timp piesele de schimb pentru reparaţii.

Revista noastră salută cu entuziasm această hotărîre de a se înfiinţa o întreprindere cu specialitatea în automatizări, prevăzută de Directivele Congresului al III-lea al P.M.R., care va marca o etapă importantă pe drumul introducerii pe scară largă a automatizărilor din industria noastră.

ION SZÉKELY şi ION STĂNCIOIU*

Starea actuală şi perspectivele automatizării industriei chimice din R.P.R.

CZ 621 – 53

1.

1.1. Dezvoltarea actuală a industriei din ţara noastră cît şi prevederile programului economic de perspectivă, acordă o mare atenţie industriei chimice, aceasta fiind printre industriile care contribuie în cea mai mare măsură la dezvoltarea agriculturii, asigurarea bazei de semifabricate pentru industria de bunuri de larg consum şi sănătatea publică.

Industria chimică a cunoscut în anii puterii populare o dezvoltare impetuoasă, nu numai sub aspect cantitativ, ci îndeosebi calitativ. S-au creat o serie de ramuri noi, ca producţia de îngrăşăminte chimice, de mase plastice, de fire şi fibre sintetice, coloranţi, medicamente de sinteză, s-a dezvoltat foarte mult industria de sodă — şi concomitent cu aceasta, aproape toate fabricile vechi au fost supuse unor transformări sistematice care au dus la schimbarea radicală, atît a profilului cît şi a condiţiilor de muncă, acestea devenind din ce în ce mai bune.

Noile unităţi create cît şi unităţile existente modernizate şi mărite, folosesc procedee tehnologice moderne, în majoritate continue şi folosindu-se utilaje de concepţie nouă, de mare capacitate şi productivitate.

1.2. Procesele de fabricaţie din orice industrie — în general — şi procesele tehnologice chimice — în special — nu se pot efectua cu succes decît numai printr-o respectare cît mai riguroasă a anumitor parametri optimi, de către procesul tehnologic. Aceasta are drept scop asigurarea unor calităţi din ce în ce mai bune a produselor finite, un randament ridicat al instalaţiilor, consumuri specifice reduse — şi deci în final — o rentabilitate ridicată a întreprinderilor chimice.

De fapt, rezolvarea acestei probleme tehnico-economice — rentabilitatea ridicată a întreprinderilor chimice — este destul de complexă şi depinde de o sumă de factori. Unul dintre cei mai importanţi şi cel mai predominant este acela al unui nivel ridicat de automatizare, folosind pentru aceasta ultimele realizări ale tehnicii mijloacelor de automatizare.

Problema introducerii automatizării nu este deci o chestiune separată a unui grup de specialişti, ci este o problemă generală cu vaste consecinţe tehnico-economice, ştiinţifice şi în ultimă analiză sociale.

Introducerea automatizării în industria chimică are ca obiective imediate următoarele:

Obţinerea produselor de calitate superioară este obiectivul principal al introducerii automatizării în industria chimică, reprezentînd domeniul de maximă eficienţă economică a automatizării.

Este îndeobşte cunoscut că preţul produselor industriei chimice variază în limite foarte largi, în funcţie de puritatea lor garantată şi de limitele între care oscilează conţinutul de impurităţi de la un lot la altul.

Dacă la unele procese automatizarea uşurează menţinerea în limite strînse a purităţii, aceasta însă putînd fi menţinută şi manual, la multe procese menţinerea în limite strînse este practic imposibilă fără automatizare.

Productivitatea ridicată a instalaţiilor. Controlul şi reglarea automată, prin precizia şi rapiditatea lor, permit folosirea utilajelor la regimuri apropiate de limita admisibilă de încărcare, care de cele mai multe ori este mai ridicată decît cea prevăzută iniţial de proiectant.

Proiectantul tehnolog şi de utilaje trebuie să ţină seama, la stabilirea acestei limite, de regimuri îngreuiate de perturbaţiile mari ce apar la modificarea regimului staţionar. Prin reglarea automată se elimină aceste şocuri de sarcină, se uniformizează regimul de lucru, permiţînd în esenţă o încărcare mai ridicată a utilajului.

În unele cazuri — ca de exemplu la reactoare chimice ce lucrează cu amestecuri de gaze — numai prin automatizare se ridică productivitatea, întrucît numai astfel se poate merge foarte aproape de limitele admise de gaze pentru a nu deveni explozibile (amestec de gaz metan şi aer la sinteza acetilenei prin metoda oxidării parţiale, conversia amoniacului pentru obţinerea acidului azotic diluat, etc.).

Îmbunătăţirea indicelui de utilizare (reducerea consumurilor specifice) ale materiilor prime şi resurselor energetice. Controlul şi reglarea automată asigură folosirea raţională a materiilor prime, a aburului, a energiei electrice etc. şi asigură ocolirea compromiterii şarjelor la punerea în funcţiune sau la diferitele abateri ce intervin în cursul procesului de fabricaţie (funcţionării temporare la capacităţi diferite de cea nominală).

* Ing. I. SZÉKELY este şeful atelierului de automatizări şi utilaje speciale de la IPROCHIM, iar ing. I. STĂNCIOIU este inginer proiectant principal.

Îmbunătăţirea condiţiilor de muncă. Este îndeobşte cunoscut că industria chimică se caracterizează prin medii toxice, corosive sau explozive. Este de neconceput a conduce şi a exploata o instalaţie a cărei fabricaţie prezintă toxicitate şi pericol de explozie fără a folosi mijloace de automatizare ca telecontrolul, telecomanda şi reglarea automată de la distanţă. Numai în acest fel operatorii sînt scoşi din zona eventualelor pericole ce ar putea interveni în desfăşurarea operaţiilor de fabricaţie.

Mărirea intervalului de reparaţii a utilajelor chimice. Folosindu-se reglarea automată se poate asigura o exploatare raţională, de regim, a diferitelor agregate. Agregatele sînt scutite în acest mod de a face faţă la diferite regimuri de abateri — ce ar dăuna bunei lor funcţionări — acestea fiind preluate de către regulatoarele ce le conduc. Numai în acest mod utilajele pot da în timp maximum de randament — intervalul de reparaţie fiind foarte mult mărit.

Micşorarea suprafeţelor de producţie. O instalaţie automatizată permite distanţe mai mici între utilaje, întrucît utilajele fiind comandate de la distanţă nu mai este necesar spaţiu destinat manipulării de către om a diferite ventile sau alte organe a utilajelor. Spaţiul mic dintre utilaje permite construcţia de clădiri mai economice şi legat de aceasta consumuri reduse de energii auxiliare necesare clădirilor ca iluminat, încălzire etc.

Prin introducerea comenzilor de la tabloul central, suprafaţa clădită se reduce cu cca 15—25%, inclusiv spaţiul destinat camerei de comandă.

Posibilitatea scoaterii instalaţiilor în aer liber. În epoca actuală a devenit foarte curentă construcţia de uzine chimice în aer liber. Datorită condiţiilor climaterice, o instalaţie în aer liber nu poate fi condusă decît numai de la distanţă, deci automatizarea unei asemenea instalaţii este o necesitate absolută.

O problemă mult discutată în momentul de faţă—şi în special de către nespecialişti—este aceea a reducerii numărului de oameni din cadrul întreprinderilor chimice. Părerea noastră este că aceasta constituie o problemă minoră dat fiind faptul că prin centralizarea conducerii proceselor se reduc într-adevăr operatorii, dar numeric fără importanţă, întrucît în acelaşi timp creşte numărul specialiştilor de întreţinere.

Caracterul secundar al reducerii personalului din industria chimică apare evident dacă ţinem seama de faptul că procesele tehnologice propriu-zise pretind un număr foarte redus de operatori. În produsele chimice salariile reprezintă numai cîteva procente din preţul de cost.

O oarecare perspectivă de reducere a personalului de deservire se oferă doar la lucrările auxiliare: transportul intrauzinal, depozite, pregătirea materialului, ambalare şi, în cazul introducerii maşinilor de calcul, a personalului administrativ.

Scopul automatizării industriei chimice nu este determinat deci de reducerea numărului de oameni din cadrul proceselor propriu-zise de fabricaţie, ci de obiectivele principale arătate mai înainte.

După cum se ştie, pînă în perioada actuală, nu s-a reuşit a se elabora o metodică de calcul pentru determinarea cantitativă a eficienţei economice a introducerii automatizării. Acest lucru este posibil numai în cazuri izolate, cînd există datele necesare pentru o instalaţie neautomatizată şi comparativ cu acesta se pot cerceta datele rezultate prin automatizarea aceleiaşi instalaţii.

Desigur că aprecierea calitativă este satisfăcătoare, automatizarea avînd o eficienţă economică considerabilă. Pentru a demonstra aceasta, ne vom referi la cîteva date din literatura sovietică de specialitate. În constatările făcute în Uniunea Sovietică cheltuielile legate de introducerea automatizării se amortizează de obicei în cca 1 — 1,5 ani, şi numai în cazurile cele mai defavorabile amortizarea se produce în cca 3 ani.

2.

2.1. În trecut, industria chimică a ţării noastre era slab dezvoltată, unităţile chimice erau înzestrate cu foarte puţine mijloace de control şi reglare. Datorită acestor condiţii operaţiile de reglare se executau în majoritatea cazurilor în mod empiric, succesul acestora bazîndu-se pe experienţa operatorilor care conduceau instalaţiile.

Se poate aprecia că — atît în unităţile nou create cît şi în cele existente — pînă în anii 1954—1955, conducerea operaţiilor de producţie se executa în majoritatea cazurilor manual, pe baza informaţiilor date de mijloace de control simple, instalate local. O parte neînsemnată dintre instalaţii au fost înzestrate cu mijloace de reglare pentru stabilizarea unor parametri ca temperatură, nivel, debit — acestea fiind în general regulatoare directe. Atît soluţiile de automatizare cît şi mijloacele necesare erau procurate exclusiv din import.

Din cele arătate este evident că în această perioadă s-a acordat o importanţă minoră problemei automatizării proceselor, investiţiile în mijloace de automatizare fiind cu totul neînsemnate. Dacă ne referim la un indice valoric des folosit pe scară mondială — şi anume procentul rezervat mijloacelor de automatizare raportat la valoarea investiţiilor în utilaje — în perioada anilor 1952—1954 acest indice era de abia 0,8—1,3 %.

2.2. Începînd cu 1956—1957, institutele noastre de cercetări și proiectări chimice au trecut la elaborarea de procese tehnologice avansate, în pas cu tehnica mondială. Acest lucru a făcut posibilă apariția primelor proiecte originale de instalații de automatizare. Caracteristice pentru această perioadă sînt instalațiile automatizate ca :

secția de fabricație a acizilor și alcoolilor grași prin oxidarea parafinei ;

instalația de fabricație a amoniacului prin cracarea gazului metan ;

secția de fabricare a acetilenei din gaz metan prin cracare în arc de curent continuu ;

instalații de transport ca ascensoare, poduri rulante etc.

instalații de încălzire.

În afară de aceste instalații realizate s-au executat și o serie de studii de automatizări, cum sînt : studiul asigurării variației sincrone a vitezei unui grup de motoare ce antrenează utilaje specifice din prelucrarea cauciucului, studiul automatizării uscării în strat fluidizat, etc. lucrări ce au servit mai tîrziu în proiecte de execuție.

Pentru această perioadă orientarea tehnică principală în dezvoltarea automatizării se poate caracteriza astfel :

stabilirea parametrilor principali ai proceselor ;

dispozitive de semnalizare a abaterii parametrilor stabilizați ;

interblocări menite a preveni stările de avarie și de evitare a îngrămădirii de materiale în instalațiile de transport etc.

În instalațiile automatizate amintite s-au aplicat cu succes aceste principii. Trebuie arătat că parțial, la unele din aceste instalații s-au introdus controlul și comanda de la distanță pentru unele din agregate (compresoarele din cadrul fabricației amoniacului, cuptoarele tunel pentru ceramică etc.).

Cu toate aceste realizări, trebuie să arătăm că tehnologii proceselor și-au însușit parțial aceste puncte de vedere, pe care de fapt le considerăm de bază în automatizările ce au urmat perioadei 1956—1957.

Referindu-ne la mijloacele de automatizare folosite pentru realizarea acestor instalații, putem arăta că pe lîngă cele de import—indicatoare MAW, regulatoare SAMSON și MESTRA, analizoare IUNKALOR, aparatură pneumatică și electrică sovietică — s-au folosit și mijloace de producție indigenă ca indicatoare de temperatură, presiune, nivel și o serie întreagă de aparate electrice folosite pentru realizarea schemelor de blocări și semnalizare.

În concluzie se poate arăta că în perioada 1956—1957, deși indicele de raportare a valorii mijloacelor de automatizare la valoarea investițiilor în utilaje continuă a fi scăzut, totuși se observă o tendință de introducere a automatizării la cît mai multe procese.

3.

3.1. Trecînd la analiza stării actuale a automatizării industriei chimice din R.P.R., trebuie să avem în vedere cele arătate pînă aici și să ne referim în special la perioada anilor 1958—1960, perioadă în care industria chimică s-a dezvoltat în mod vertiginos, în special în ce privește construcția de combinate și fabrici pentru industria de îngrășăminte azotoase și fosfatice, industria maselor plastice, a firelor și fibrelor sintetice, chimizarea gazelor și a petrolului etc.

Această dezvoltare impetuoasă a impus și impune o automatizare avansată a proceselor tehnologice cît și mecanizarea anumitor operații ce se executau manual sau semi-manual înainte de această perioadă.

Pe de altă parte, complexitatea utilajelor care participă la realizarea procesului de fabricație devine din ce în ce mai greu de supravegheat și de întreținut în condiții optime de funcționare și de aceea controlul și comanda lor trebuie făcută automat.

3.2. Pentru a aprecia nivelul de automatizare a diferitelor instalații se obișnuiește a se folosi drept criteriu nivelul tehnic la care sînt realizate. Astfel, instalațiile de automatizare din industria chimică se pot incadra în una din categoriile :

a) Controlul local al parametrilor tehnologici și semnalizarea abaterii acestora de la regimul normal. Prin aceasta se înțelege utilarea instalațiilor cu un minim necesar de aparate automate de control și înregistrarea valorii parametrilor și dispozitive automate de semnalizare optică și acustică a abaterilor de la regimul prescris.

b) Interblocări cu semnalizări ce se pot caracteriza prin sisteme automate de semnalizare a abaterilor de la regim și care în același timp intervin în desfășurarea procesului oprind anumite utilaje sau ocolind anumite căi pentru a preveni avaria sau îngrămădirea de material.

c) Automatizarea individuală sau reglarea automată a unui utilaj ceea ce înseamnă asigurarea funcționării automate continue a unui utilaj, conform regimului prescris.

d) Automatizarea unei secții de fabricație sau reglarea automată cu control și comandă (parțial) centralizată pe secție. Aceasta înseamnă reglarea automată continuă a utilajelor secției (categoria 3) cu posibilitatea de control de la un punct central al desfășurării procesului și al funcționării regulatoarelor, operatorul putînd interveni la semnalizarea abaterilor sau la alte condiții în conducerea procesului.

e) Automatizări superioare categoriei anterioare ca dispecer central etc.

Avînd această clasificare, putem stabili că instalaţiile chimice automatizate — realizate pînă în 1958 se incadrează, în general, în categoriile *a*, *b* şi *c* — aşa cum s-a arătat de fapt cu alte cuvinte mai înainte.

Instalaţiile realizate în 1958—1960 se pot încadra în categoriile *c* şi *d* — nota predominantă fiind dată (nu numeric) de tendinţa de a se realiza automatizări pe secţii de fabricaţie, deci de categoria *d*.

Industria chimică din ţara noastră cuprinde un număr însemnat de combinate, uzine, întreprinderi care, de obicei, sînt constituite din secţii de fabricaţie. Nivelul de automatizare variază de la întreprindere la întreprindere; chiar în interiorul unei întreprinderi nivelul variază de la o secţie la alta şi mai mult variază de la un agregat la altul.

Se consideră că automatizările de categoria *a* şi *b* sînt de fapt minime necesare, importanţă deosebită prezentînd automatizările de categoria *c*, *d* şi eventual *e*. Din documentaţiile întocmite de către IPROCHIM se poate aprecia că cca 40 % din secţiile de fabricaţie sînt înzestrate cu automatizări pe agregate. În privinţa automatizărilor de nivel mai avansat — ca automatizări pe secţii — acestea sînt numeric puţine, dar aproape fiecare combinat sau uzină are în interiorul său una sau cîteva secţii automatizate. Dintre secţiile sau instalaţiile caracteristice pentru acest nivel de automatizare, de categoria *d*, merită a fi scoase în evidenţă:

secţiile de măcinare, granulare şi ambalare a superfosfatului din cadrul UIC Petre Poni — Valea Călugărească;

secţiile de acid clorhidric, azot şi parţial sinteză, uscare din cadrul instalaţiei de policlorură de vinil UC—Turda;

unele din secţiile de fabricarea amoniacului prin cracarea termică a gazului metan din cadrul Combinatului chimic—Făgăraş;

fabrica de fire şi fibre relon de la UFS — Săvineşti.

Unele instalaţii de automatizare ca de exemplu cea a secţiilor de granulare şi ambalare a superfosfatului de la Valea Călugărească sînt înzestrate cu tablouri mnemonice, care s-au dovedit a fi însuşite destul de uşor de către personalul operator de calificare medie, ajutîndu-i efectiv la supravegherea şi conducerea procesului.

Caracteristic pentru aceste instalaţii este faptul că s-au conceput efectiv în cadrul IPROCHIM, iar pentru realizarea lor s-au proiectat şi realizat o serie de mijloace de automatizare ca: traductoare de nivel, clapete cu servomotor, relee de timp, relee de pîlpîire, electrovibratoare, cîntar automat cu bandă.

Aceste mijloace s-au realizat de către IAMC-Otopeni şi Balanţa—Sibiu, ceea ce constituie un început foarte promiţător pentru industria indigenă de mijloace de automatizare.

Pentru secţiile din cadrul instalaţiilor de fabricare a PVC şi a amoniacului este caracteristic faptul că sînt primele instalaţii înzestrate cu regulatoare automate de raport ce asigură funcţionarea optimă a agregatelor cheie, intensificînd procesele de fabricaţie.

Astfel, la fabricarea acidului clorhidric în sobele de sinteză, raportul dintre clor şi hidrogen este asigurat în mod automat de către regulatoare pneumatice de tip MESTRA; tot cu acelaşi tip de regulator de raport se reglează debitele de acetilenă şi acid clorhidric necesare amestecului prescris pentru sinteza clorurii de vinil. În cadrul fabricaţiei amoniacului, agregatele de conversia gazului metan sînt alimentate cu amestecul prescris de gaz metan — aer, raportul fiind asigurat de către regulatoare de raport de tip AUS — pneumatice (instalaţie în curs de execuţie).

Aşa cum s-a arătat mai înainte, un indice des folosit pe plan mondial pentru precizarea gradului de automatizare este raportul dintre investiţiile în mijloace de automatizare şi în utilaje.

Valoarea acestui indice stabilit către sfîrşitul anului 1959 pentru industria chimică este de peste 4% — ceea ce reprezintă puţin comparativ cu alte ţări înaintate în domeniul automatizării.

În perioada de faţă industria indigenă de mijloace de automatizare specifică industriei chimice şi industriei petrolului cît şi industriilor înrudite a crescut simţitor, lărgindu-şi sortimentele şi ridicînd calitatea produselor.

Astfel, se fabrică în serie termometre şi manometre indicatoare locale, termometre manometrice, termometre manometrice cu contact, regulatoare de temperatură bipoziţionale, termometre cu rezistenţă, termocuple, indicatoare de temperatură (milivoltmetre şi logometre), debitmetre cu diafragmă etc., iar în prezent s-a trecut la construcţia aparatelor de înregistrare. Toate aceste realizări se datoresc eforturilor depuse de întreprinderile constructoare IAMC — Otopeni, Termotehnica, IRMAMC — Ploeşti.

3.3. Pentru instalaţiile noi ce urmează a se realiza în cadrul dezvoltării imediate a industriei chimice, s-au proiectat şi continuă în prezent proiectarea de automatizări la nivelul categoriei *d*, adică la nivelul secţiilor de fabricaţie. Se prevede ca procesele de fabricaţie corespunzătoare secţiilor să fie supravegheate şi conduse de la un punct central, iar acesta să fie înzestrat cu scheme mnemonice care s-au dovedit foarte utile.

De asemenea, ca un detaliu de ordin tehnic, se urmăreşte ca sisteme automate de semnalizarea de funcţionare să fie înzestrate cu semnale luminoase pîlpîitoare şi numai după ce opera-

torul a luat cunoştinţă de defect să se stabilizeze semnalul luminos.

În viitorul apropiat se vor realiza o serie de instalaţii la nivel de automatizare pe secţie, echipate cu mijloace moderne de automatizare (sistemul pneumatic unificat MAUS, aparatură electronică şi electropneumatică — toate de fabricaţie sovietică etc.), dintre care considerăm necesar a aminti :

fabrica de PVC din cadrul Combinatului chimic—Borzeşti cu secţiile monomer, polimer — emulsie, uscare — emulsie, polimer şi uscare suspensie ;

fabrica de acetilenă din gaz metan cu secţiile respective, tot din cadrul C. Chimic—Borzeşti ;

instalaţia de fenol — acetonă din cadrul Combinatului de cauciuc sintetic—Oneşti.

De asemenea la acest nivel se vor realiza şi secţiile din cadrul fabricaţiei de cauciuc sintetic CCS — Oneşti şi Combinatul de îngrăşăminte azotoase—Roznov.

În paralel cu automatizarea noilor instalaţii se prevede ca şi pentru secţiile de fabricaţie existente să se ducă o activitate susţinută de dotare cu mijloace de automatizare, bineînţeles în măsura în care există o justificare economică şi totodată procesele tehnologice să permită acest lucru.

4.

Din cele arătate reiese că s-au obţinut rezultate importante pe linia introducerii automatizării în industria chimică. Considerăm totuşi, că pînă în prezent nu s-au depus toate eforturile pentru asigurarea introducerii unui nivel de automatizare avansat, corespunzător realizărilor actuale din tehnica mondială a mijloacelor de automatizare.

În trecut raportul de investiţii între mijloace de automatizare şi utilaje, era mic. Considerăm că este o necesitate de prim ordin ca acest raport să crească în mod raţional cît mai rapid şi valoarea lui medie în următorii ani să depăşească cifra de 10%.

Pentru ca automatizarea să-şi atingă scopul şi să devină eficientă în cel mai înalt grad, ea trebuie aplicată la procese tehnologice continue. Cum tendinţa modernă este aceea de a se folosi procese continue, considerăm că forurile de specialitate trebuie să imprime linia de introducere aproape exclusivă a acestora, cu atît mai mult cu cît automatizarea lor duce la o rentabilitate înaltă a instalaţiilor.

Soluţiile de ansamblu privind automatizarea s-au menţinut de fapt aproape de nivelul actual pe plan mondial, dar realizarea lor întîmpină dificultăţi, întrucît procurarea de mijloace de automatizare se face în majoritate din import. Cu toate realizările obţinute de către întreprinderile constructoare, acestea nu asigură încă necesarul de mijloace de o anumită categorie (de ex. toată gama de aparate indicatoare locale, aparatură indicatoare cu contacte, înregistratoare).

În momentul de faţă a devenit extrem de necesară dezvoltarea producţiei de mijloace de automatizare, specializarea întreprinderilor productive pe anumite categorii de aparate. Luînd exemplul ţărilor înaintate din cadrul lagărului socialist, trebuie ca în afară de întreprinderile productive de mijloace de automatizare generale, să se dezvolte întreprinderile de special litate pe ramuri, în speţă cele din cadrul chimiei şi petrolului pentru producţia de mijloace specifice. Creşterea vertiginoasă a industriei chimice, necesitatea de introducere a automatizării în diferitele ramuri ale sale, executarea lucrărilor, exploatarea şi întreţinerea mijloacelor de automatizare reclamă specialişti atît cu pregătire superioară cît şi medie. În momentul de faţă trebuie continuată formarea de cadre de specialişti în cercetare, proiectare, execuţie şi întreţinere. După datele din literatura de specialitate, cît şi prin informaţiile pe care le avem cu privire la diferite instituţii de specialitate de cercetare, proiectare, experimentare din străinătate, personalul aferent acestora pentru automatizări este de cca 10—15% din totalul salariaţilor. Considerăm că pentru a satisface necesităţile de cadre, trebuie dusă o muncă susţinută de organizarea în continuare de cursuri de specialitate în facultăţi şi şcoli medii cu specific de chimie şi petrol, organizarea de cursuri în afara sistemului de învăţămînt etc.

Trebuie menţionat în mod special că fiecare organizaţie de cercetare şi de proiectare trebuie să aibă un puternic colectiv de automatişti. Este evident că orice studiu de proces tehnologic dacă ar fi însoţit şi de un studiu de automatizare experimentat în cadrul institutului de cercetare respectiv ar duce la elucidarea multor probleme la proiectarea de automatizări.

Este necesar să se treacă neîntîrziat la organizarea unui laborator bine dotat în care să se poată face studiul comportării dinamice a instalaţiilor de automatizat cît şi a mijloacelor de reglare folosite în acest scop. Studiul va trebui făcut pe modele electrice ale instalaţiilor reale, ceea ce va duce la alegerea cea mai judicioasă a tipurilor de regulatoare.

În cele arătate, ne-am oprit numai la cîteva din aspectele cele mai caracteristice a căror rezolvare vor face ca activitatea de introducerea automatizării în industria chimică să fie la nivelul scontat. De felul cum se vor rezolva aceste probleme depinde în mare măsură dezvoltarea viitoare a lucrărilor de introducere a automatizării.

5.

5.1. În încheierea acestei lucrări vom căuta a scoate în evidenţă cîteva din problemele de bază care se pun în faţa dezvoltării viitoare a

automaticii industriale, cu referire în special la industria chimică.

Pe plan mondial se constată că s-a depus o muncă rodnică de dotare a întreprinderilor chimice cu cît mai multe mijloace de control şi automatizare, un număr tot mai mare de operaţii de conducerea producţiei se efectuează cu regulatoare automate, se centralizează conducerea producţiei pe procese sau secţii, se mecanizează lucrările care cer un volum mare de muncă. Aceasta, de fapt, nu înseamnă decît o creştere cantitativă în ce priveşte gradul de dotare, dar automatizarea considerată în întregimea sa a rămas parţială.

În ţările înaintate, ca de exemplu Uniunea Sovietică, experienţa care s-a cîştigat permite formularea scopului urmărit pentru automatizarea producţiei. Actualele posibilităţi oferite de tehnica de control şi reglare automată, controlul compoziţiei substanţelor de tehnica de transmitere a informaţiilor, de dezvoltarea tehnicii de calcul, permit trecerea de la automatizarea operaţiilor separate la construcţia de sisteme de conducere automată a întreprinderii în totalitatea sa.

Acest lucru înseamnă de fapt trecerea de la automatizarea parţială la automatizarea complexă a proceselor chimice.

În esenţă, problema automatizării parţiale nu era altceva decît o problemă de ordin tehnic, întrucît scopul era de a „mecaniza" diferite operaţii de conducerea proceselor şi de a asigura în mod automat menţinerea parametrilor în limitele prescrise.

Prin automatizarea complexă se înţelege crearea de sisteme de conducere automată a producţiei care să asigure cei mai înalţi indici tehnico-economici în activitatea unei întreprinderi luate în întregimea sa. Punînd problema în acest fel, adică sistemul automat de conducere a producţiei să asigure fabricaţia cu satisfacerea celor mai buni indici economici, de exemplu, preţ de cost minim la o calitate şi cantitate dată, automatizarea devine o parte inseparabilă a producţiei.

Este evident că automatizarea complexă începe a deveni o realitate a viitorului apropiat şi specialiştii din diferite domenii sînt unanim de acord că în stadiul actual trebuie făcute toate eforturile pentru trecerea la automatizarea complexă, acesta fiind cel mai important mijloc pentru dezvoltarea nelimitată a producţiei şi creşterea productivităţii muncii.

Pentru a trece la automatizarea complexă a industriei chimice şi realizarea ei practică, trebuie rezolvate o serie de probleme ştiinţifice şi inginereşti.

Specialiştii sovietici, cît şi cei din cadrul ţărilor socialiste au început să atace aceste drobleme. După părerea automatiştilor din caprul industriei chimice a U.R.S.S., problemele cele mai importante care trebuie rezolvate se formulează astfel :

— Algoritmizarea conducerii producţiei, ceea ce înseamnă descrierea matematică a conducerii proceselor tehnologice, care să reprezinte dependenţa matematică a indicelui tehnico-economic urmărit de parametrii reglabili şi nereglabili ai procesului, ţinînd cont şi de structura schemei de reglare propuse. Acest lucru este absolut necesar, deoarece sistemul de conducere automată nu poate fi creat decît numai cunoscînd legile exacte de conducerea producţiei. Mai pe larg — sistemul automat — trebuie să dispună de descrierea acelor funcţii care în producţia neautomatizată sînt îndeplinite de personalul de deservire.

— Pentru a realiza un sistem automat de conducere, trebuie o sumă de informaţii asupra stării procesului condus. Este necesar a se elabora în mod ştiinţific o metodică de determinarea numărului de informaţii necesar ceea ce are drept scop determinarea cantităţii minime de aparate necesare.

— Transformarea informaţiilor primare este de asemenea o chestiune de a cărei rezolvare depinde în mare măsură utilizarea avantajoasă a maşinilor de calcul. Maşinile de calcul trebuie să primească informaţia primară deja transformată şi prelucrată. Se pune deci problema de a se elabora dispozitive — transmiteri şi în special cele care dau semnale discrete ce pot intra direct în maşina de calcul.

Prin rezolvarea algoritmului conducerii producţiei şi a obţinerii şi transformării informaţiei primare, se pot concretiza cerinţele tehnice faţă de maşinile de calcul în ceea ce priveşte calitatea lor : rapiditate în acţionare, capacitatea memoriei, structura lor etc. Se pare că numai după rezolvarea problemelor amintite va fi posibil a se clasifica domeniile de utilizare a maşinilor, tipurile acestora (cifrice, analogice) sau funcţionarea lor ca maşini sfătuitoare, maşini de informare, maşini de conducere automată.

Totodată trebuie să ţinem seama de faptul că actuala compoziţie a utilajelor dintr-o instalaţie din industria chimică este rezultatul unei tradiţii de decenii, atît a concepţiei de proces tehnologic chimic, cît şi de tehnologia fabricaţiei utilajului în sine. Dacă aceasta se apropie de optim ca formă constructivă, ele sînt departe, de multe ori de a fi optime şi din punctul de vedere al adaptării la un proces automatizat într-o măsură avansată. O analiză detaliată a unui sau a altui utilaj duce deseori la concluzia că o schimbare profundă atît a formei lor constructive cît şi a regimurilor de lucru, duce la o adaptare la proces automatizat cu o eficienţă tehnico-economică ce depăşeşte cu mult scumpirea corespunzătoare a utilajului.

La ora actuală este greu de bănuit la ce schimbări profunde vor fi supuse noţiunile de utilaj şi de proces tehnologic, atunci cînd ele

vor fi cîntărite nu numai prin prisma formelor şi compoziţiilor tradiţionale ci şi a adaptării la producţie organizată şi condusă automat.

Nu mergem mai departe decît ca să menţionăm sistemele cu autoorganizare a fluxului tehnologic şi al autodepanării care se conturează de pe acum, ducînd la o concepţie cu desăvîrşire nouă asupra noţiunii de proces şi utilaj tehnologic.

5.2. Apreciem că scoaterea în evidenţă a aspectului pe care a început să-l ia automatizarea, ca problemă de prim ordin, în ţările cu o tehnică avansată, va constitui un ghid în activitatea specialiştilor noştri de automatizări.

Pentru a putea urmări nivelul mondial actual şi a înzestra instalaţiile chimice cu mijloace moderne de automatizare, în activitatea de proiectare este necesar să se ţină seama că numai printr-o automatizare avansată se poate asigura o rentabilitate a instalaţiilor chimice.

După părerea noastră, în afară de cele arătate pînă aici, proiectanţii automatişti împreună cu tehnologii din cadrul industriei chimice, trebuie să se orienteze asupra principalelor probleme tehnice ce se pun în faţa noastră în etapa actuală.

Considerăm că cele mai importante s-ar formula astfel:

studierea posibilităţilor de a introduce automatizarea operaţiilor auxiliare, după ce în prealabil s-a asigurat mecanizarea operaţiilor care necesită un volum mare de muncă, referindu-ne în special la operaţiile de transport intrauzinale, depozite etc; în mod nemijlocit, numai printr-o simplă apreciere, automatizarea acestor operaţii are un efect economic foarte mare;

introducerea automatizării la alimentarea cu utilităţi a întreprinderilor: apă, energie electrică, abur etc.; aceasta înseamnă a ajuta în mod esenţial procesul de fabricaţie propriu-zis, deoarece se asigură valori constante pentru parametrii utilităţilor, fără a se mai lua măsuri speciale în acest sens în cadrul corpurilor de fabricaţie;

folosirea pe scară cît mai mare a analizei chimice automate pentru controlul şi reglarea automată a proceselor; este de altfel cunoscut faptul că analizele de laborator sînt încă nesatisfăcătoare ca număr şi vin uneori cu întîrziere ceea ce face ca importanţa lor să fie diminuată în procesul de reglare; tendinţa modernă unanimă este aceea de a se folosi reglarea funcţiei de indici calitativi, analizoarele fiind mijloace de mare viitor;

trecerea — acolo unde este posibil şi economic justificat — la utilizarea se sisteme de urmărire automată (sisteme centralizatoare pentru un mare număr de puncte, cu semnalizare şi înregistrare la ieşirea din limite), aşa cum sînt tipurile sovietice MAR, MARS etc.;

introducerea unor posturi centralizatoare pe uzină, post de dispecer central, în acele instalaţii unde fluxurile tehnologice ale diverselor secţii sînt dependente; rolul acestor puncte pare a fi de mare viitor, întrucît de aici se poate supraveghea funcţionarea unor instalaţii complexe, iar dispecerul de aici poate interveni la dispecerii în subordine.

Considerăm că rezolvarea acestor sarcini este o problemă real posibilă pentru proiectare.

TUDOR TĂNĂSESCU, MANEA MĂNESCU ŞI EDMOND NICOLAU*

Maşinile de calcul în lucrările de planificare şi evidenţă

Lefordiţva Tf. 494/62

CZ 681.14 : 338.062

1. Automatizarea lucrărilor scriptice ca sarcină în construcţia socialismului

Cercetarea noastră ştiinţifică se face în vederea perfecţionării tehnicii de producţie. Ea trebuie dezvoltată în direcţiile pe care le indică necesităţile economiei noastre naţionale Maşinile electronice de calcul care trebuie privite în primul rînd ca elemente de comandă în domeniul automatizărilor şi al ciberneticii tehnice, sînt utile în calcule de studii şi proiectare tehnică cît şi în controlul complex al proceselor de fabricaţie. Directivele celui de-al III-lea Congres al P.M.R. pentru planul de dezvoltare a economiei naţionale pe anii 1960 — 1965 şi pentru programul economic de perspectivă prevăd: „Se vor introduce maşini electronice de calcul şi alte sisteme de programare electronică pentru automatizarea complexă a unor procese de producţie şi a unor lucrări de calcule economice şi statistice".

Trebuie deci să extindem ideea introducerii şi dezvoltării mijloacelor de mecanizare şi automatizare şi la lucrările de planificare şi evidenţă. Maşinile de calcul au aici un rol important mai cu seamă în statele socialiste. Tovarăşul N. S. HRUŞCIOV spunea în faţa alegătorilor raionului Kalinin din Moscova : „*In mod stăruitor trebuie imprimat oamenilor sovietici automatica pentru îndeplinirea sarcinilor comunale. Sarcina ciberneticii este să uşureze munca fizică şi intelectuală a omului, precum şi să mărească productivitatea. Pentru progresul tehnico-ştiinţific al ţării noastre, trebuie ca cercetătorii şi inginerii să se ocupe în mod intens de problemele ciberneticii*".

Aşa se explică că în actualul plan septenal sovietic se prevede ca producţia de calculatoare şi maşini matematice să crească de 4,5—4,7 ori.

Într-adevăr se ştie că lucrările de proiectare, planificare, normare şi evidenţă a activităţii necesită de cele mai multe ori calcule laborioase şi complexe. În mersul normal şi dezvoltarea întreprinderilor trebuie să se obţină indicatori tehnico-economici optimi ai producţiei, paralel cu reducerea investiţiilor pe unitatea de produs. Volumul de calcul este mare.

Nu trebuie să uităm că în ţara noastră aproape 1/3 din salariaţii sectorului socialist din instituţii şi întreprinderi de stat lucrează operaţii scriptice ca funcţionari, ingineri, tehnicieni şi personal de specialitate. Mecanizarea şi automatizarea operaţiilor de birou este o importantă sarcină a economiştilor şi a inginerilor specialişti în maşini de calcul; aceste modernizări revin a fi iniţiate de economişti şi lucrate în bună parte de ingineri electronişti, deoarece aci la un mare şi complex volum de lucrări se utilizează de cele mai multe ori maşini electronice de calcul.

2. Cum se pune problema mecanizării şi automatizării lucrărilor de birou

Prin urmare, introducerea metodelor ştiinţifice în lucrările de planificare şi evidenţă se face prin mecanizarea strîngerii informaţiilor pe parcurs şi prelucrarea lor, după principiile de bază ale economiei planificate cu ajutorul unor maşini electronice de calcul. Lucrările de evidenţă contabilă necesită maşini de calcul numeric; de asemenea lucrările de planificare centrală necesită maşini numerice, însă studiile de dezvoltare a unei ramuri sau de prevedere a activităţii unor unităţi, se pot face şi cu maşini analogice.

În general, lucrările de birou se preocupă de culegerea de date, de înregistrarea lor şi de prelucrarea lor. Aceste lucrări urmăresc obişnuit să contribuie la controlul modului cum decurge îndeplinirea planului, prin întocmirea evidenţei numerice, valorice, a activităţilor principale din întreprinderi. În acest scop se întocmesc dări de seamă, rapoarte, situaţii statistice. Să vedem mai întîi cum maşinile electronice de calcul numeric [3], [4] pot da aci un ajutor. Ele au proprietăţi care permit uşor prelucrarea informaţiilor. În primul rînd la aceste maşini se poate codifica orice informaţie aşa încît ea să poată fi apoi prelucrată de calculatorul electronic. O a doua calitate a acestor maşini este că ele pot fi programate ca să efectueze orice operaţie logică, care intervine obişnuit în lucrările administrative. Însfîrşit, o a treia caracteristică utilă a maşinii este că ea lucrează rapid şi sigur.

Datele care sînt introduse în maşină se pot clasifica în trei categorii : 1) cifrele de plan, 2) informaţiile parţiale primite pe parcurs asupra realizării planului şi 3) programul şi instrucţiunile

---

* Prof. dr. ing. T. TĂNĂSESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R., este profesor şef de catedră la Institutul Politehnic Bucureşti.

Prof. M. MĂNESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R., este profesor şef de catedră la Institutul de ştiinţe economice şi planificare „V. I. Lenin".

Ing. EDM. NICOLAU este profesor la Institutul Politehnic Bucureşti.

pentru prelucrarea în mașină a informațiilor și a datelor planului, în vederea întocmirii evidenței contabile, statistice și tehnico-operative a unei anumite activități urmărite.

3. Mașinile electronice utilizate

Pentru mecanizarea și automatizarea acestor lucrări, se construiesc mașini electronice de calcul speciale denumite în mod obișnuit, în U.R.S.S., calculatoare analitice, iar în S.U.A., ordonatoare. Ele sînt mașini electronice de calcul numeric, caracterizate prin aceea că mînuiesc informații alfanumerice, adică lucrează atît cu caractere alfabetice cît și cu numere. Ele au memorii de mare capacitate și posedă mai multe dispozitive de intrare și ieșire a informațiilor.

Un mare calculator electronic poate face într-o secundă 2 000 operații normalizate, pe cînd un calculator mic numai vreo 20. În schimb trebuie să observăm că omul lucrează de cca. 200 000 ori mai încet decît calculatorul rapid electronic. Chiar dacă întrebuințează o mașină mecanică de calcul viteza de calcul a operatorului nu crește decît de cca 10 ori [5].

Unitățile componente ale unei mașini electronice de mecanizare și calcul pentru lucrările de birou sînt : sistemul de intrare a informațiilor, sistemele de memorizare, sistemele de sortare, sistemele de prelucrare a informațiilor prin operațiuni matematice și sistemele de imprimare la ieșire a situațiilor și rapoartelor întocmite [6].

Unitățile de intrare utilizează obișnuit o claviatură de scris urmată de cartele sau benzi. Cînd vorbim de cartele și benzi înțelegem nu numai cazul celor perforate, ci și cazul cînd se imprimă pe bandă sau cartelă, la locul respectiv, un mic semn cu o mină de ferită magnetică.

Sistemele de memorizare sînt obișnuit cu cartele, benzi magnetice, tamburi magnetici sau matrice cu toruri magnetice. În ele se înregistrează informațiile zilnice care intră, programul cu instrucțiunile normalizate de prelucrare a informațiilor, precum și rezultatele parțiale sau finale ale acestor prelucrări.

Problemele sînt rezolvate de către aceste mașini în cîteva etape, corespunzînd unor operațiuni distincte care urmează să se execute.

Se obișnuiește ca în mașinile mari să se utilizeze două memorii : o memorie generală externă care înregistrează toate datele și instrucțiunile și o memorie internă în care se extrag numai acele date și instrucțiuni care intervin în operația particulară care se execută în etapa respectivă. Memoriile se caracterizează prin capacitatea lor și prin viteza de acces la ele la o anumită adresă.

Din memoria externă extragerea informațiilor se poate dispune să se facă mai puțin rapid, deoarece cantitatea de informație este mică la intrare, pe cînd din memoria internă extragerea trebuie să se poată face în ritmul rapid de lucru al circuitelor electronice digitale ale mașinii de calcul ; într-adevăr, pentru o operație elementară cu o asemenea mașină timpul necesar este între 0,1 — 1 ms. Viteza mare este necesară spre a putea debita în timp util numeroasele rezultate parțiale, pe măsura prelucrării.

Sistemele de sortare a cartelelor sau a informațiilor, conținute în memoriile magnetice de pe benzi sau tambure, se face fie prin dispozitive mecanice sau optice pentru primele, fie prin capete magnetice de citire pentru ultimele. Obișnuit, informațiile sortate se introduc pentru prelucrare într-o memorie cu timp scurt de extragere corespunzătoare rapidității de lucru a mașinii electronice de calcul.

Sistemele de prelucrare a informațiilor sînt mașini electronice digitale. Obișnuit, în mașinile mari se lucrează cu acțiune în paralel, pe cînd în cele medii și mici se lucrează pe sistemul serie, spre a obține avantajul unui număr redus de tuburi sau tranzistori ; neajunsul lungirii timpului de prelucrare a datelor nu este însă un impediment la aceste mașini.

Sistemele de ieșire sînt mașini de scris speciale foarte rapide, acționate prin impulsuri electrice.

Ca mașini electronice de calcul numeric care se pot angaja pentru lucrări de birou citățm mașina BESM, realizată în cadrul Academiei de Științe a U.R.S.S. [7]. Ea are cca 5 000 tuburi electronice și poate efectua 100 000 operații aritmetice pe secundă, cu numere de 9 cifre zecimale. Ea are atît o memorie pe tambur magnetic cît și o memorie pe matrice de ferite. La intrare ea mai poate folosi și o înregistrare pe bandă magnetică. Datele se introduc în mașină printr-o bandă perforată, citită optic cu viteza de 20 numere pe secundă. Ieșirea și imprimarea rezultatelor poate utiliza un dispozitiv rapid de fotografiere de film care asigură o viteză de 200 numere pe secundă.

O altă mașină sovietică mai mică este accea de tip Ural care cu 800 tuburi și 300 diode realizează o viteză de 100 operații aritmetice pe secundă. În U.R.S.S. se mai construiesc mașini electronice de calcul numeric de tip Strela, Pogoda și Kristal.

Mașinile acestea aduc următoarele importante avantaje în mecanizarea lucrărilor de birou : măresc viteza de prelucrare a informațiilor primite, măresc exactitatea rezultatelor, execută simultan multiple lucrări economisind trepte intermediare, simplifică și reduc lucrările scriptice și arhivele, rezolvă automat și cazurile speciale, sînt în măsură să prelucreze situații de tip nou etc.

4. Un exemplu

Pentru a înțelege mai bine caracteristicile problemei automatizării lucrărilor de birou vom considera un caz concret, de pildă urmărirea lunară a executării planului de producție într-o

mare întreprindere industrială. În acest caz se presupune că maşina a întocmit în prealabil cîte o situaţie la zi înregistrată pe bandă magnetică pentru planul de fabricaţie, pentru contabilitatea de materiale şi produse şi pentru mişcarea personalului. În ce priveşte alte operaţii care se ivesc pe parcursul unei luni, cum ar fi modificarea planului sau a programului instrucţiunilor de lucru pentru maşină — se presupune că ele sînt înregistrate pe cartele.

Maşina ne va da la ieşire o serie de situaţii de executare a planului prin imprimări de cifre zecimale. Dar, toate cifrele privind situaţia de execuţie a planului se vor găsi înregistrate pe două benzi magnetice, una veche corespunzînd lunii trecute şi alta nouă pe care se înregistrează noile rezultate pe măsura efectuării calculelor electronice corespunzînd noii situaţii calculate la zi. În luna următoare această ultimă bandă devine bandă veche şi o altă bandă nouă se imprimă pe baza informaţiilor culese în luna care a trecut.

Pentru întocmirea noii situaţii maşina sortează mai întîi în diferite memorii magnetice auxiliare, informaţiile înregistrate pe banda veche; aceasta se face destul de repede, de cîteva sute de ori mai repede ca la maşina mecanică de sortat cartele perforate. Cu ajutorul datelor înscrise în memoriile auxiliare şi pe baza instrucţiunilor de lucru înscrise în registrul magnetic, maşina de calcul numeric poate face prin înmulţiri, adunări şi scăderi calculul de noi date corespunzînd situaţiilor pe care le întocmeşte.

Situaţiile acestea sînt destinate a folosi fie direct unităţii sau unităţilor unde are loc producţia, fie organelor centrale de control.

Pentru unitatea centrală şi pentru control se pot de pildă întocmi de către maşină următoarele lucrări:

— situaţia producţiei pe unităţile întreprinderii, sau pe fabricate, indicîndu-se valoarea totală a producţiei, diferenţa în cheltuieli faţă de cifrele planului, diferenţa în productivitate, diferenţa în producţie (cantitativ) şi cuantumul cheltuielilor reale;

— cheltuielile de întreţinere pe subunităţi producătoare, indicîndu-se producţia, cheltuielile planificate şi cele reale;

— preţul de cost pe articole fabricate, indicîndu-se costul normalizat, costul real al materiilor prime, diferenţa faţă de plan şi preţul de cost al articolului fabricat.

Asemenea situaţii se întocmesc destul de uşor prin maşinile acestea. Utilitatea lor este evidentă în analizarea şi detectarea cauzelor care produc de pildă modificarea preţului de cost al unui anumit produs fabricat; se poate urmări ce se petrece în fiecare subunitate producătoare şi aceasta la fiecare categorie de cheltuieli. Se poate şti astfel dacă preţul de cost a variat din cauza modificării cuantumului producţiei sau a productivităţii sau a cheltuielilor generale.

Este de observat că se poate ţine seama în calcule de diferitele incidente care intervin pe parcursul fabricaţiei, dacă pentru fiecare incident se întocmeşte o cartelă perforată de care maşina va ţine seama în calculele sale. Aşa va fi cazul pentru orice modificare a planului de producţie sau pentru eventuale modificări în instrucţiunile de lucru ale maşinii. În cazul unor procese de fabricaţie care se întind pe mai multe luni, în calculele lunare se vor putea lua date şi din benzile magnetice de activitate corespunzînd cu 2—3 luni în urmă. Asemenea maşini sînt prevăzute cu dispozitive interne de verificare şi controlare a rezultatelor.

5. Probleme de economicitate în utilizarea calculatoarelor mari

Se pune întrebarea cînd este indicat din punct de vedere economic să se introducă o asemenea maşină într-o întreprindere sau instituţie.

Pentru utilizarea acestor maşini în lucrările de birou, răspunsul privind economicitatea se găseşte în fiecare caz, calculînd investiţiile necesare în procurarea maşinilor şi comparîndu-le apoi cu economia de personal care se face prin introducerea macanizării spre a deduce timpul de amortizare al maşinii de calcul.

Să considerăm cazul unui calculator de state de salarii.

Două condiţii generale rezultă pentru economicitatea maşinii:

1. Programul de instrucţiuni pentru prelucrarea datelor caracteristice salariaţilor este de dorit să fie cît mai comun pentru toţi salariaţii, cu cît mai mici diferenţe, pentru ca acest program să poată fi introdus ca un bloc în memoria calculatorului respectiv, la fel cum este introdus blocul de date personale ale fiecărui salariat: în modul acesta se micşorează volumul necesar memoriei rapide.

2. Raportul dintre numărul rezultatelor parţiale ale maşinii electronice şi numărul de date noi intrate pentru fiecare salariat trebuie să fie destul de ridicat (de ordinul lui 10); în aceste cazuri se poate lucra cu viteze coborîte de intrare a datelor, avînd în vedere că nu este indicat din punct de vedere economic ca viteza maşinii electronice să fie scăzută.

Economicitatea maşinii depinde în bună parte şi de modul cum se rezolvă problema conversiunii noilor date privind salariaţii în forme potrivite pentru modul de calcul rapid al unei maşini electronice digitale.

În cazul unor salariaţi care lucrează zilnic un număr fix de ore, maşina aceasta este mai întotdeauna rentabilă dacă numărul de salariaţi este destul de mare. În cazul unei întreprinderi

industriale unde se face plata după un pontaj cu ora, pe cartele marcate automat de ceas, operaţiile de intrare în maşina de calcul sînt complexe ; se recomandă în acest caz să se transforme la ceasul de pontaj imprimarea prin perforare în cartelă.

Analiza economicităţii unor calculatoare destinate a afla preţul de cost al fabricatelor în întreprinderile industriale, sau al stocurilor de materiale în magazii, conduce la concluzii similare.

Într-adevăr, calculul preţului de cost este analog cu calculul unui salariu, întrucît este vorba de însumarea unor produse parţiale. Dat fiind că în aceste cazuri numărul rezultatelor parţiale este mare faţă de numărul redus de date la intrare, maşina electronică este foarte indicată din punct de vedere economic. Nu însă acelaşi lucru se poate spune în general despre cazul cînd calculatorul electronic s-ar întrebuinţa la calcularea stocurilor de magazie, unde numărul rezultatelor parţiale este adesea de acelaşi ordin de mărime cu numărul datelor intrate. În aceste cazuri vechile metode sînt uneori preferabile.

Un exemplu în care calculatorul electronic devine rentabil este cazul unei întreprinderi petrolifere dotată cu rafinării. În acest caz, calculatorul ţine evidenţa stocurilor de păcură de la locurile de exploatare şi ajută planificarea lucrului în rafinării.

Problema de sortare a datelor înregistrate care obişnuit se face mecanic prin poansoane şi cartele perforate poate fi de asemenea rezolvată prin maşini electronice de calcul, dacă se pune problema sortării în timp foarte scurt. Pentru aceasta trebuie însă să se utilizeze o memorie magnetică care să lucreze simultan cu cel puţin patru capete de citire (înregistrare). Sînt indicate atunci tamburele magnetice. Dacă informaţiile în timpul prelucrării lor nu ajung a fi înregistrate toate într-un tambur, se pot utiliza benzi magnetice în operaţiile finale de sortare. În general însă rezolvarea problemelor curente de sortare nu se găseşte economică prin calculatoare electronice, ea fiind mai rentabilă prin sistemele mecanice. Sortatoarele mecanice sau optice cu cartele perforate sînt deci uneori de preferat.

În calculele privind economia introducerii şi utilizării unui calculator electronic trebuie să se ţină seama că viaţa lui este practic infinită şi că prin întreţinerea curentă, calitatea şi performanţa lui se păstrează în mod indefinit. Numai uzura morală în comparaţie cu alte maşini mai perfecţionate, sau extinderea lucrărilor şi înlocuirea lor prin instalaţii mai complexe poate conduce la scoaterea din funcţiune a unui calculator electronic.

De asemenea trebuie să se ţină seama că în momentul introducerii într-o întreprindere a unui calculator electronic el nu va lucra cu toată capacitatea sa de la început şi economia va fi mai mare mai tîrziu dacă se prevede extinderea lucrărilor cu el.

Nu am amintit mai sus utilizarea maşinilor electronice de calcul şi pentru alte categorii de lucrări de birou, de pildă în lucrările bancare, în planificarea transporturilor în întocmirea traducerilor de texte dintr-o limbă într-alta. Aceste lucrări au un volum mare şi este foarte indicată mecanizarea şi automatizarea lor.

6. Calculatoare mai mici pentru lucrări de birou

Trebuie să observăm că electronica a pătruns nu numai în marile maşini de calcul numeric pentru lucrările de birou, ci şi în cele mici. Astfel se întrebuinţează azi uneori maşini electronice numerice simple pentru înmulţirile, adunările şi scăderile care se fac la întocmirea devizelor, situaţiilor şi facturilor. Ele sînt ataşate unei maşini de scris şi lucrează simultan cu ea.

7. Calculatoare analoage în lucrări de planificare

În lucrările de planificare îşi au aplicaţie şi maşinile analogice în afară de maşinile numerice. Multe din obiectivele de plan care urmează a fi realizate într-un viitor apropiat, trebuie examinate în evoluţia lor în timp din punct de vedere economic [8], [9]. Intervin adesea mai mulţi parametri şi o simulare a problemei într-o maşină analogică face posibilă găsirea în mod uşor a unei soluţii optime atît din punct de vedere al investiţiilor cît şi al cheltuielilor de producţie şi exploatare. Maşina analogică este de preferat unei maşini numerice atunci cînd schema de simulare conţine bucle de reacţie şi termeni cu derivate sau integrale în raport cu timpul.

Modelele sînt utile atît la nivelul întreprinderilor, cît şi la nivelul organelor care planifică activitatea economică a mai multor întreprinderi. Astfel se pot face studii cu privire la rezultatele schimbărilor globale care au loc într-un sistem economic închis atunci cînd se modifică unii parametri ca preţul de vînzare al unor articole, impozitele, cotele de regie, indicatorii tehnico-economici etc. De asemenea se pot studia sisteme în care intervin foarte multe elemente ca de exemplu, circulaţia vagoanelor de cale ferată. Se poate dezvolta cu aceste maşini de calcul o strategie în planificare [10].

În toate problemele economice studiate se traduc mai întîi mărimile economice prin mărimi electrice, care se realizează experimental în anumite circuite electrice şi electronice speciale. Se urmăreşte ca între mărimile electrice să existe aceleaşi relaţii ca şi între mărimile economice studiate.

Aceasta presupune în primul rînd stabilirea unor relaţii cantitative între mărimile economice urmărite. Încadrarea matematică trebuie să recunoaştem că nu corespunde însă întotdeauna cu relaţiile reale economice, care sînt adesea mai complexe.

În afară de aceste modele care se folosesc pentru reprezentarea legilor economice, se mai utilizează şi modele construite pe baza unor ipoteze şi calcule practice, bazate pe observaţii empirice, pe indicatori, pe corelaţii multiple determinate prin date statistice.

În socialism construcţia modelelor în econometrie este strîns legată de planificarea economică. Numeroase exemple avem în studiile întreprinse asupra economiei statului sovietic [8].

În ţările capitaliste, modelele economice conduc uneori la concluzii greşite, întrucît la baza lor stau deseori premise nejustificabile teoretic. Astfel găsim modele, care au la bază ecuaţia cererii şi ofertei şi pe baza căreia se calculează eficacitatea economică a investiţiilor. De asemenea în calculele privind economia consumului se fac greşeli principiale.

Econometria burgheză a adîncit modelele pieţii interne, a formulat „principiul ecoului" şi „teorema pînzei de păianjen", care caută să exprime dinamica producţiei de mărfuri şi influenţa cererii asupra fluctuaţiei preţurilor [11].

Cele mai simple ipoteze care se pot formula asupra unui sistem economic sînt cele liniare. Pentru exemplificare să considerăm piaţa liberă burgheză.

O schemă corespunzătoare unui sistem economic global este redată în fig. 1. Aci se consideră totalitatea întreprinderilor producătoare de mijloace de producţie. În aceste întreprinderi intră totalitatea investiţiilor industriale. Ele produc mijloace de producţie cu o anumită întîrziere. Producţia lor serveşte pe de o parte la înlocuirea utilajului uzat, pe de altă parte la creşterea stocului de mijloace de producţie. Producţia aceasta contribuie la venitul naţional într-o cotă egală cu diferenţa dintre totalul investiţiilor şi cheltuielile rezultate prin cumpărarea de materie primă şi prin plata salariilor. Venitul naţional se mai alimentează din veniturile producţiei obiectelor de consum. Venitul naţional total influenţează consumul de bunuri, deoarece salariile totale crescînd, populaţia consumă mai mult. Aceasta se traduce prin apariţia unei mici bucle de reacţie cu cîştig a mai mic decît unul, care merge de la venitul naţional total la acea parte a venitului naţional care provine din producţia obiectelor de consum. În fine se ajunge la circuitul care simulează organele care decid asupra investiţiilor. Investorul trebuie să aibă o anumită politică economică care hotărăşte investiţiile. Acestea sînt proporţionale cu venitul naţional total şi invers proporţionale cu capitalul actual investit în rezerva de mijloace de producţie.

În ţările capitaliste se urmăreşte maximalizarea profitului prin reglarea corespunzătoare a lui α şi β.

Problemele de optimizare întîlnite în studiile de economie se pot studia cu ajutorul metodelor analogice. În general, optimizarea este legată de probleme care conduc la ecuaţii algebrice

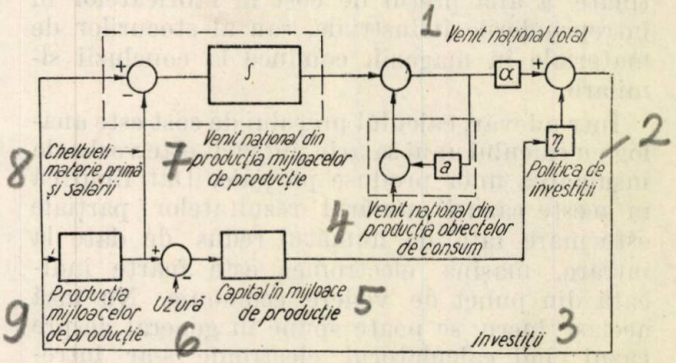


Fig. 1. Schemă corespunzătoare unui sistem economic global.

liniare. Obişnuit se urmăreşte ca în anumite condiţii date să se determine astfel parametrii problemei încît o anumită mărime, funcţie de condiţiile date, să fie maximă sau minimă.

Pe baza unor relaţii care apar într-o primă aproximaţie ca fiind liniare se poate construi un model dinamic experimental, care se reglează singur în mod automat în situaţia de a realiza minimul sau maximul dorit. Se află astfel care este programarea optimă a sistemului liniar [12].

Programarea liniară poate rezolva probleme de încărcare a maşinilor, adică determinarea timpului de lucru minim necesar al maşinilor pentru executarea lucrărilor planificate, probleme de transport care să conducă la cheltuieli minime [13], probleme de întocmire a planului de producţie.

Aşa cum se arată în literatura de specialitate, sistemele de ecuaţii corespunzătoare pot fi abordate de tehnica analogică care după cum se ştie, se pretează uşor la variaţia diferiţilor parametri şi permite ca să ne dăm seama imediat de efectul diferitelor mărimi.

8. Sarcinile noastre

În concluzie, din cele de mai sus rezultă că faţă de datoria pe care o avem de a ajuta la rezolvarea problemelor economiei noastre naţionale, introducerea maşinilor electronice de calcul în lucrările de planificare şi evidenţă trebuie să devină o sarcină importantă în activitatea noastră de studii şi realizări tehnice. Noi apreciem că în ţara noastră sarcinile tehnice de automatizare sînt foarte actuale pentru aplicaţiile în lucrările de birou, mai actuale chiar decît sarcinile în automatizarea proceselor complexe industriale. Într-adevăr, la noi

în ţară se întîlnesc rar aplicaţii industriale atît de complexe încît să necesite maşini de calcul. Acolo unde aceste aplicaţii sînt necesare, ele se introduc odată cu instalarea ansamblului utilajului de fabricaţie cu concursul unui grup industrial străin şi deci aceasta nu formează o preocupare ştiinţifică importantă pentru inginerii noştri.

În schimb, pentru mărirea productivităţi muncii scriptice în birouri, trebuie noi singuri să ne îngrijim şi să ne organizăm metodele tehnice noi, calculatoarele electronice de la caz la caz. În această privinţă avem şi situaţia favorabilă, printre ţările de democraţie populară, că sîntem primii care am construit maşini de calcul digital — prin Institutul de Fizică Atomică, colectivul inginerului V. Toma [14] — şi prin urmare maşinile de calcul — ordonatoarele — pe care le-am construit, vor putea fi introduse nu numai la noi, ci vor avea şanse de a fi şi exportate.

Problema studiului introducerii maşinilor de calcul în lucrările de planificare şi evidenţă este astăzi o preocupare principală în toate ţările industriale.

Programul nostru viitor de introducere a maşinilor în lucrările de planificare şi evidenţă ar urma să ţină seama în special de dezvoltarea acestor aplicaţii în ţările socialiste. Pe această linie se situează dezbaterile din recenta conferinţă unională de calcul matematic ţinută la Moscova la 20 noiembrie 1959 în care s-a elaborat un plan eşalonat pe mai multe etape : se prevede ca în prima etapă să se facă unele încercări experimentale de aplicare a maşinilor electronice de calcul în lucrările cîtorva mari întreprinderi şi instituţii. În etapa următoare ar urma să se extindă introducerea maşinilor aşa încît să se formeze sisteme parţiale regionale de conducere administrativă centralizată, pe linia planificării, statisticii, operaţiilor bancare. Apoi aceste sisteme parţiale se vor racorda spre a forma un sistem unic de informare şi calcul pe ţară. Între timp se va înlocui corespondenţa scrisă între centrele de calcul şi instituţii prin comunicaţii codificate telegrafice, telefonice, informaţiile respective fiind înregistrate în memorii şi trecute apoi la maşinile electronice de calcul. Unele institute ştiinţifice din U.R.S.S. şi-au înscris în planul lor de cercetare rezolvarea problemelor de automatizare a unor asemenea lucrări de birou privind administraţia unităţilor economice de stat.

Desigur că şi în ţara noastră este de asemenea de o mare actualitate atît pentru economişti cît şi pentru specialiştii în maşinile electronice de calcul elaborarea unor directive în aplicarea acestor maşini, în mecanizarea şi automatizarea lucrărilor de planificare şi evidenţă.

Aci desigur că problema fundamentală în fiecare caz este analiza din punct de vedere al ştiinţelor economice a schemei de relaţii, iar matematica şi maşinile de calcul joacă numai un rol auxiliar.

Direcţiile în care urmează să se aplice la noi această modelare, mecanizare şi automatizare sînt: 1) în planificarea economiei naţionale, unde urmează să se ţină seama de dinamica şi corelaţia ramurilor în dezvoltarea lor, 2) în întocmirea balanţei ramurilor prin prelucrarea centralizată a datelor evidenţei, 3) în calcule interne în întreprinderi spre o mai bună organizare a producţiei prin aplicarea metodelor de programare liniară şi 4) chiar în calcule tehnico-economice de optimalizare a anumitor operaţii la maşini şi instalaţii.

Astfel se impune începerea unei colaborări între specialiştii noştri economişti şi inginerii electronicieni pentru a studia posibilităţile concrete de dezvoltare, a le localiza, a le desfăşura pe etape, şi a face apoi propuneri de lucru, indicînd şi modul de soluţionare tehnică a măsurilor propuse.

BIBLIOGRAFIE

[1] Anisimov S. F., *Omul şi maşina*, Moscova, 1959.
[2] Anuarul Statistic al R.P.R., 1959.
[3] Kitov A. J., *Maşini electronice de calcul*, Moscova, 1958.
[4] Smirnov G. D., *Maşini electronice numerice*, Moscova, 1958.
[5] Lebedeva S. A., *Tehnica maşinilor de calcul şi aplicatii*, Moscova, 1959.
[6] Newman E. A., Wright M. A., *Tehnica utilizării maşinilor de calcul în lucrările de birou*, Journ. Brit. Inst. Rad. Eng. **17** (1957), p. 717—723.
[7] Kraizmer L. P., *Cibernetica tehnică* (traducere din l. rusă), Ed. Tehnică, Bucureşti, 1958.
[8] Maslov P., *Aplicarea matematicii în calculele economice*. Vopr. ekonomiki, nr. 5, 1958.
[9] Pajestka J., *Unele probleme de aplicare a matematicii în cercetările economice*, Ekonomista (Varşovia), nr. 3, 1959.
[10] Grinilev L., *Despre cibernetică*, Moscova, 1959.
[11] Smith O., *Economic Analogs*, Proc. Ins. Radio Eng. **41** (1953), 1514—19.
[12] Kreko B., *Lecţii în domeniul programării liniare*. Budapesta, 1956.
[13] Mihu C., *Programarea liniară în transporturile pe calea ferată*, Rev. de Statistică, nr. 11, 1959.
[14] Toma V., *Calculatorul electronic al Institutului de Fizică al Academiei* R.P.R., CIFA-1. Bul. şt., Secţia de ştiinţe matem. şi fizice, **IX**, nr. 1, 1957, p. 209—213.

ELISABETA MAIER *

Automatizări în reţelele orăşeneşti de distribuţie a gazelor naturale

CZ 621–53 : 662.69 : 622.698

Generalităţi

Sistemele de alimentare cu gaze naturale a oraşelor se compun din reţele de presiune înaltă, medie şi joasă în care reducerea şi reglarea presiunii se face cu ajutorul unui număr mare de staţii de reglare răspîndite pe teritoriul oraşului. Într-o reţea orăşenească nu prea mare pot fi pînă la 50 de staţii de reglare, iar în oraşele mai mari numărul lor poate atinge 150.

În fig. 1 este arătată schema de principiu a unei reţele de distribuţie orăşeneşti a gazului natural.

Datorită numărului mare de staţii de reglare şi răspîndirii lor, apare necesitatea creării unui sistem central pentru dirijarea funcţionării tuturor instalaţiilor. În felul acesta se poate asigura o calitate ridicată în acest proces tehnologic.

Mijloacele de care se foloseşte un serviciu central pentru controlarea funcţionării sistemului, a parametrilor gazului şi comanda sistemului pot fi a) prin legături telefonice şi b) asigurate prin metodele de telemecanică.

Legătura telefonică între punctul de dispecer şi punctele din reţeaua de distribuţie se face prin fire telefonice închiriate, sau prin fire instalate special. Întrebuinţarea lor pentru sistemele de alimentare cu gaz natural are o serie de neajunsuri esenţiale. Cele mai importante instalaţii ale sistemului de alimentare cu gaz sînt punctele de reglare a presiunii. În majoritatea lor sînt utilate cu regulatoare automate şi prin urmare funcţionează fără personal de deservire. Operatorii de serviciu vizitează aceste staţii de ex. de două ori pe zi pentru ridicarea indicaţiilor aparatelor. Astfel, în caz de avarie dispecerul nu poate afla imediat în ce loc a avut loc avaria, ce mărime are şi cu atît mai puţin poate lua măsuri imediate pentru evitarea defectelor avariei. Pentru a putea acţiona asupra sistemului prin închiderea ventilelor corespunzătoare, dispecerul trimite la locul avariei un muncitor.

Datorită celor expuse şi datorită faptului că comunicaţia telefonică poate fi eronată în urma unei înţelegeri sau aprecieri greşite a muncitorului trimis la locul avariei legătura telefonică nu poate asigura operativitatea necesară a comenzii centralizate.

Aceste neajunsuri sînt înlăturate prin utilizarea următoarelor mijloace de telemecanică:

1) telemăsurare, care realizează transmiterea la distanţă a mărimilor controlate; cu ajutorul telemăsurării la punctul de dispecer se pot obţine valorile parametrilor principali (presiune, debit);

2) telecomandă, destinată pentru transmiterea la distanţă a semnalelor de comandă care să acţioneze asupra mecanismelor de execuţie ale sistemului (schimbarea reglării regulatoarelor, închiderea, deschiderea ventilelor);

3) telesemnalizarea adică transmiterea la distanţă a semnalelor de avarie, a poziţiei instalaţiilor controlate; cu ajutorul mijloacelor de telesemnalizare se pot obţine date asupra abaterilor parametrilor principali de la valorile nominale.

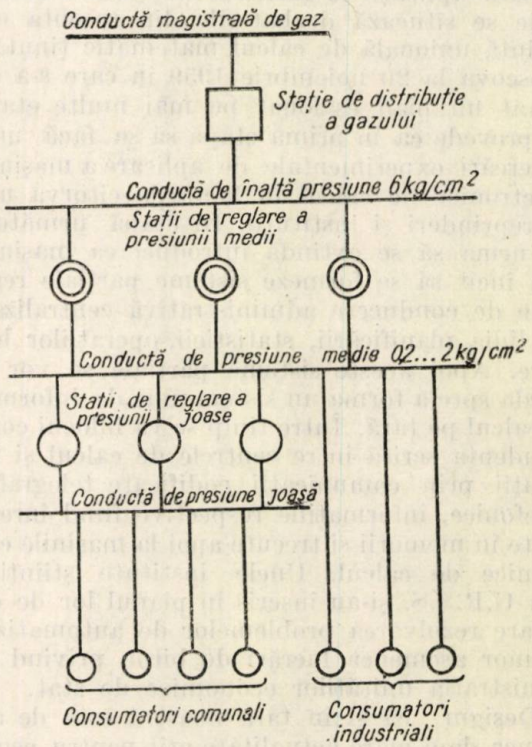


Fig. 1. Schema de principiu a unei reţele orăşeneşti de gaze.

Principalele avantaje ale sistemelor de telemecanică sînt: rapiditatea transmiterii, precizia informaţiilor şi a comenzilor de telemecanică.

* Ing. E. MAIER este cercetător la Institutul de Cercetări Electrotehnice.

Serviciul dispecerului central bine organizat care foloseşte mijloacele tehnice de telemecanică trebuie să aducă următoarele îmbunătăţiri în conducerea sistemului orăşenesc de alimentare cu gaz metan:

1) siguranţa funcţionării neîntrerupte a reţelei de distribuţie a gazului;

2) rapiditatea de acţionare în toate cazurile de variaţie a presiunii şi debitului prin telecomanda ventilelor pe conductele de ieşire a presiunii din staţiile de reglare;

3) reducerea personalului de deservire care se deplasează pe teren pentru citirea presiunilor şi reglarea ventilelor;

4) prelungirea termenului de funcţionare al utilajului datorită controlului permanent asupra regimurilor normale de funcţionare, prin deconectarea la timp a utilajului în caz de avarie;

5) reducerea scurgerilor de gaze în urma avariilor datorită descoperirii şi localizării lor rapide.

În U.R.S.S. dezvoltarea lucrărilor pentru telemecanizarea reţelelor orăşeneşti de gaze a luat un mare avînt. La Moscova, Leningrad şi Kiev s-au creat puncte de dispecer care sînt înzestrate cu dispozitive de telemăsurare şi telecomandă.

O mare experienţă în domeniul telemecanizării sistemelor orăşeneşti de gaze există de asemenea în S.U.A. unde controlul şi comanda sînt centralizate nu numai în oraşe (New-York, Memphis, Virginia etc.) dar există şi sisteme mari unite care comandă funcţionarea reţelelor mai multor oraşe.

Principalele probleme ale serviciului dispecerului central

Factorii principali ai funcţionării normale a sistemului de alimentare cu gaz natural sînt presiunea şi debitul în punctele cheie ale reţelei. Aceste puncte sînt:

1. Intrarea gazului în oraş adică punctele de injecţie din conducta de transport în conducta sistemului orăşenesc;

2. Intrarea şi ieşirea la staţiile de reglare de presiune medie;

3. Intrarea şi ieşirea la staţiile de reglare de presiune joasă;

4. Ieşirea la punctele de alimentare a consumatorilor industriali şi comunali.

Punctele cele mai importante trebuie controlate continuu, adică o telemăsurare permanentă. Telemăsurarea punctelor mai puţin importante se face la apel.

Serviciul dispecerului controlează zi de zi limitele şi regimurile consumului de gaz impuse consumatorilor. La o micşorare bruscă a alimentării cu gaz în sistem, serviciul dispecerului ia măsuri de reglare pentru micşorarea consumului şi limitează numărul consumatorilor.

Serviciul dispecerului asigură buna funcţionare a regimului în întregime prin distribuirea justă a sarcinilor între sursele principale de alimentare.

În felul acesta serviciul dispecerului trebuie să rezolve toate problemele legate de siguranţă, economicitate şi funcţionare neîntreruptă a sistemului de alimentare cu gaz, să

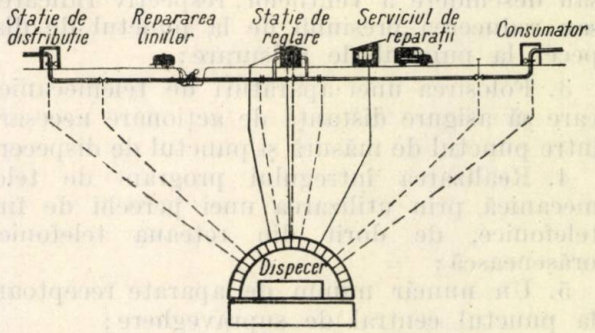


Fig. 2. Schema serviciului de dispecer

coordoneze munca personalului operativ şi funcţionarea utilajului supunînd orice problemă, în primul rînd condiţiilor generale ale sistemului, ţinînd bine înţeles seamă de particularităţile tehnologice ale consumatorilor.

Din cele expuse reiese că asigurarea unui regim optim de funcţionare a reţelei de distribuţie, coordonarea regimurilor de funcţionare a regulatoarelor, găsirea şi localizarea rapidă a avariilor, controlul continuu al funcţionării utilajului adică comanda cea mai operativă a sistemului de alimentare cu gaz natural pot fi asigurate numai prin folosirea mijloacelor moderne de automatică şi telemecanică cu ajutorul cărora se poate realiza volumul necesar de telemăsurare a presiunii şi debitului gazului metan, de telesemnalizare a depăşirilor de limită şi telecomandă a ventilelor, adică numai prin introducerea comenzii centralizate a unui astfel de sistem.

Comanda centralizată presupune introducerea serviciului de dispecer înzestrat cu mijloace tehnice de control şi comandă telemecanice care să permită realizarea măsurării şi comenzii la distanţă pe fire telefonice.

Una din schemele cele mai raţionale ale serviciului de dispecer este schema reprezentată în fig. 2.

Cu ajutorul unei astfel de scheme se realizează: a) telemăsurarea presiunii şi debitului gazului metan la intrarea şi ieşirea tuturor staţiilor de reglare de presiune înaltă, medie şi joasă, b) telesemnalizarea optică a depăşirilor de limită precum şi c) telecomanda reglării ventilelor. De asemenea cu ajutorul unei astfel de scheme se realizează convorbiri telefonice cu toate punctele de distribuţie a gazului natural cu apel din ambele părţi.

Sistemul centralizat de telemecanică trebuie să îndeplinească o serie de condiţii care să ţină

seama de specificul fiecărui sistem de alimentare cu gaz natural. Aceste condiţii în principal sînt:

1. Asigurarea transmiterii indicaţiilor presiunii (înaltă, medie şi joasă) şi debitului de la punctul de măsurare la punctul central de supraveghere;

2. Transmiterea telecomenzilor de închidere sau deschidere a ventilelor, respectiv ridicarea sau reducerea presiunii de la punctul de dispecer la punctul de măsurare;

3. Folosirea unei aparaturi de telemecanică care să asigure distanţa de acţionare necesară între punctul de măsură şi punctul de dispecer;

4. Realizarea întregului program de telemecanică prin utilizarea unei perechi de fire telefonice, de dorit din reţeaua telefonică orăşenească;

5. Un număr minim de aparate receptoare la punctul central de supraveghere;

6. Alimentarea aparaturii de telemecanică atît la punctele de măsurare cît şi la punctul de dispecer cu tensiunea de 127/220V, 50Hz, aceasta fiind tensiunea cea mai frecventă în oraşe;

7. Sistemul telemecanic trebuie protejat împotriva incendiilor şi exploziilor;

8. Să funcţioneze la oscilaţii ale tensiunii de alimentare cu $\pm 15\%$, ale temperaturii $-20° \ldots + 35°C$.

Aparatura de telemecanică

Cele mai simple sisteme de telemăsurare sînt bazate pe principiul intensităţii. Principiul de bază al acestor sisteme constă în faptul că în linia de comunicaţii se transmite un curent a cărui mărime este proporţională cu presiunea sau debitul măsurat.

Presiunea măsurată cu manometru sau debitul măsurat cu un debitmetru, poate fi transmisă la punctul de dispecer cu ajutorul diferitelor traductoare. Se pot utiliza aparate cu traductor reostatic sau cu traductor inductiv. În general dispozitivele bazate pe principiul intensităţii nu prea sînt utilizate datorită neajunsului lor comun şi anume limitarea distanţei de transmitere (pînă la 10 km).

În sistemele de telemăsurare utilizate în U.R.S.S. (de ex. la Moscova) se utilizează sistemul de impulsuri în timp care permite transmiterea valorilor măsurate la o distanţă mare, peste 10 km. Acest sistem se bazează pe transmiterea în linia de comunicaţii a impulsurilor de curent a căror durată este proporţională cu mărimea presiunii măsurate.

Avantajele sistemelor de impulsuri în timp sînt: precizie de măsurare, lungime mare de acţiune, este protejat împotriva exploziilor, permite funcţionarea pe o pereche de fire telefonice cu orice dispozitiv de comandă.

În fig. 3 este arătată o schemă de telemăsurare şi telecomandă cu relee cu contacte utilizată în oraşul Moscova.

În starea de repaos în linia de comunicaţii se trimit impulsuri de măsurare (impulsurile se transmit în curent alternativ).

Pentru transmiterea ordinelor de comandă cheia *CC* ocupă una din poziţiile de margine.

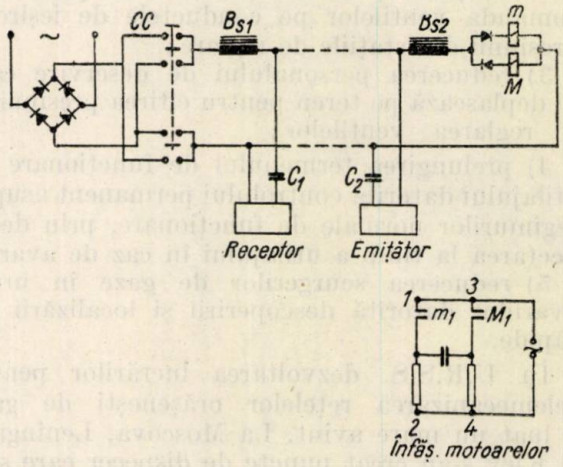


Fig. 3. Schema de telemăsurare şi telecomandă cu relee cu contacte utilizată în oraşul Moscova.

La comutarea cheii *CC* în sus în linia de comunicaţii se transmite un impuls de curent, de polaritate pozitivă.

La comutarea cheii *CC* în jos în linie se trimite un impuls de polaritate negativă.

La punctul de măsurare impulsurile de curent continuu sînt recepţionate de relee telefonice conectate în serie cu redresorul. În cazul impulsului de polaritate pozitivă acţionează releul *M*, iar în cazul impulsului de polaritate negativă releul *m*. La acţionarea releului *M*, contactul său M_1 închide circuitul *1 — 2* şi *1-C-4* şi motorul începe să se învîrtească la dreapta; la acţionarea releului *m*, prin contactul său se închide circuitul *3 — 4* şi *3-C-2*, motorul rotindu-se la stînga realizînd astfel acţiunile corespunzătoare asupra mecanismului de execuţie. Cheia se află în poziţia de comandă pînă cînd aparatul de măsurat nu arată că la ieşirea regulatorului s-a obţinut presiunea dorită. După aceasta cheia se comută în poziţia neutră şi în canalul de comunicaţii se transmit numai impulsuri de măsurare.

În fig. 4 este reprezentată schema mecanismului de execuţie.

În sistemul de alimentare cu gaz al oraşului Leningrad se utilizează pentru telemăsură un sistem de impulsuri în cod. Funcţionarea sistemului constă în faptul că mărimea măsurată caracterizată printr-un număr de gradaţii ale scării la care se înclină acul indicator al aparatului primar de măsurat (ex. manometrul) se transformă într-o serie de impulsuri,

din care fiecare reprezintă un număr binar determinat [1].

Pentru automatizarea reţelei de distribuţie în oraşul Kiev se utilizează un sistem telemecanic de tip ciclic, pentru dispecerizarea staţiilor de reglare.

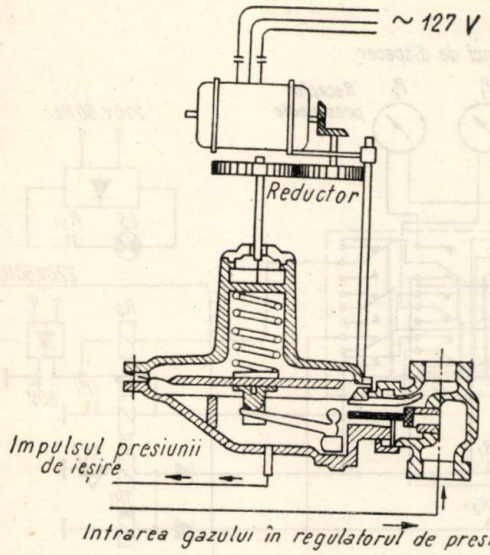


Fig. 4. Schema mecanismului de execuţie.

Aparatele de telemăsură elaborate de Institutul de utilizare a gazului din Kiev funcţionează pe principiul impulsurilor în timp.

Pentru telemecanizare se utilizează două fire telefonice prin care se realizează : telemăsurarea presiunii înalte şi joase cu înregistrarea lor pe panoul dispecerului, teleconectarea regulatorului de presiune, semnalizarea de avarie precum şi legătură telefonică cu apel din ambele părţi.

În momentul de faţă un asemenea sistem de telemecanică se utilizează şi în alte oraşe ale Ucrainei.

Sistemul utilizat la Kiev este descris în [9].

În reţeaua de distribuţie a gazului natural în oraşul Bucureşti s-a utilizat pentru telemăsurarea presiunii un emiţător electronic elaborat la Institutul de Cercetări Electrotehnice.

Sistemul utilizat se compune dintr-un aparat primar (manometru cu traductor electric) un emiţător electronic de telemăsurare, la punctul de măsurare, şi un aparat receptor (miliampermetru) la punctul central de dispecer.

Dispozitivul primar efectuează măsurarea presiunii şi o traduce într-o tensiune cu ajutorul unui potenţiometru.

Emiţătorul electronic este un generator de curent continuu, mărimea sa de intrare fiind o tensiune proporţională cu deviaţia cursorului potenţiometrului, iar mărimea de ieşire un curent continuu variabil între 0,5 şi 5 mA care este transmis la punctul de dispecer.

Sistemul de protecţie pentru cabluri telefonice nu permite transmiterea în linia de comunicaţii a unei tensiuni care să depăşească 60 V. În cazul cînd aparatul debitează în gol adică linia de comunicaţii nu este închisă cu un aparat receptor, în linie se transmite o tensiune continuă de 300 V. Pentru aceasta emiţătorul de telemăsură este prevăzut cu un sistem de protecţie în două trepte care scurtcircuitează canalul de telecomunicaţii în cazul deconectării instrumentului receptor. Prima treaptă funcţionează la o tensiune de 35 V şi a doua la o tensiune de 60 V.

Instrumentul indicator de la punctul de recepţie este un miliampermetru de c.c. de 5 mA care se etalonează direct în unităţile mărimii neelectrice măsurate (kg/cm²).

Aparatura de telemăsurare debitează în canalul de telecomunicaţii următoarele valori :

1) curent maxim de lucru 0,5 mA ;

2) tensiune maximă de lucru (pe o pereche de fire telefonice cu $R \approx 2\,000\ \Omega$) 15 V c.c. ;

3) curent maxim posibil 15 mA c.c.

În fig. 5 este dată schema bloc tehnologică de automatizare pentru telemăsurarea gazului în Bucureşti.

Emiţătorul de telemăsurare descris funcţionează în această instalaţie şi transmite presiunea gazului din două puncte ale reţelei de distribuţie la un punct central de dispecer. Instalaţia a dat rezultate bune.

În programul de automatizări în reţeaua de distribuţie a gazului natural în oraşul Bucureşti este prevăzută şi telesemnalizarea depăşirilor de limită a presiunii. Pentru acest scop la Institutul de Cercetări Electrotehnice s-a elaborat o schemă care să realizeze acest program.

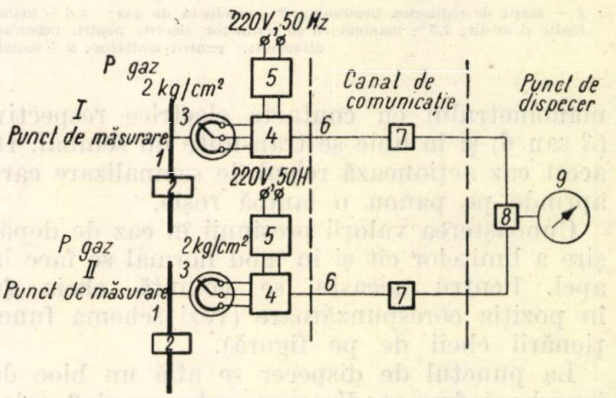


Fig. 5. Schema bloc tehnologică a instalaţiei de automatizare pentru telemăsurarea presiunii gazului natural în oraşul Bucureşti :

1 — conductă de gaz ; *2* — staţie de reducere a presiunii ; *3* — manometru cu traductor electric ; *4* — emiţător de telemăsură ; *5* — bloc de alimentare stabilizată ; *6* — canal de telecomunicaţii ; *7* — centrală telefonică ; *8* — cheie de comutaţie ; *9* — aparat receptor.

În fig. 6 este arătată schema de principiu pentru telemăsurarea şi telesemnalizarea presiunii gazului natural pentru staţii de reglare de presiune medie (poate fi utilizată şi pentru staţii de reglare de presiune joasă), pentru

presiunea înaltă din amonte şi medie din aval de staţie.

În mod normal (aşa cum se arată în fig. 6) întreaga instalaţie este pregătită pentru semnalizarea depăşirilor de limită. În cazul cînd una din presiuni a atins o valoare maximă sau minimă, se închide contactul corespunzător al manometrului cu contacte electrice respectiv (*3* sau *6*) şi în linie se transmite un semnal. În acest caz acţionează releul de semnalizare care aprinde pe panou o lampă roşie.

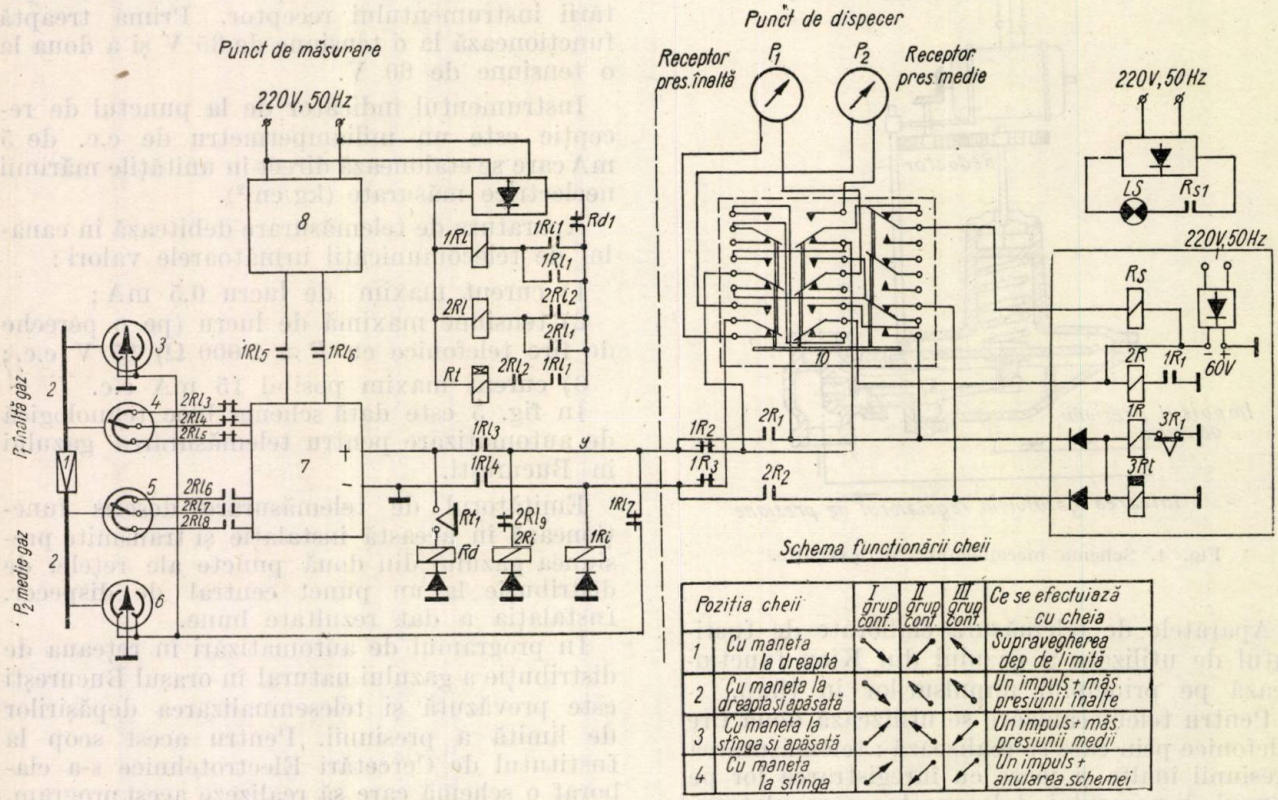
Cunoaşterea valorii presiunii în caz de depăşire a limitelor cît şi în mod normal se face la apel. Pentru aceasta se comută cheia *10* în poziţia corespunzătoare (vezi schema funcţionării cheii de pe figură).

La punctul de dispecer se află un bloc de impulsuri format dintr-un redresor şi 3 relee care serveşte la transmiterca de impulsuri, prin linia de comunicaţii şi pămînt pentru acţionarea releelor de la punctul de măsurare.

După cum reiese din schemă în poziţia *2* a cheii se efectuează trimiterea în linie a unui impuls de curent continuu pentru telemăsurarea presiunii înalte. Trimiterea impulsului se face printr-un fir şi pămînt.

La punctul de măsurare acţionează releele *1Ri* şi *1Rl* şi prin contactele normal închise *2R13*, *2R14* şi *2R15* la punctele de măsurare, linia de comunicaţii *1R2* şi *1R3* şi cheia de comutaţie la punctul de dispecer se face telemăsurarea presiunii înalte, din amonte. Presiunea se citeşte pe aparatul receptor respectiv direct în kg/cm².

Pentru telemăsurarea presiunii medii se procedează în mod analog.



Poziţia cheii		I grup cont.	II grup cont	III grup cont	Ce se efectuiază cu cheia
1	Cu maneta la dreapta	↘	↗	↘	Supravegherea dep de limită
2	Cu maneta la dreapta şi apăsată	↘	↘	↘	Un impuls + măs. presiunii înalte
3	Cu maneta la stînga şi apăsată	↗	↘	↗	Un impuls + măs. presiunii medii
4	Cu maneta la stînga	↗	↗	↗	Un impuls + anularea schemei

Fig. 6. Schema de principiu pentru telemăsurarea şi telesemnalizarea presiunii înalte şi medii: *1* — staţie de reducerea presiunii; *2* — conductă de gaz; *3,6* — manometru cu contacte electrice pentru semnalizarea depăşirii de limită a presiunii înalte şi medii; *4,5* — manometru cu traductor electric pentru măsurarea presiunii înalte şi medii; *7* — emiţător electric de telemăsură; *8* — bloc de alimentare pentru emiţător; *9* — canal de telecomunicaţii; *10* — cheie de comunicaţii.

Prin comutarea cheii *10* în linia de comunicaţii se trimite un nou impuls de aceeaşi durată ca cel anterior. La punctul de măsurare acţionează releul *2Ri* şi *2Rl* şi prin contactele *2R16*, *2R17* şi *2R18* se face măsurarea presiunii medii.

La comutarea cheii în poziţia *4*, tot printr-un fir şi pămînt se trimite în linie un impuls care acţionează releul de deblocare *Rd* care prin desfacerea contactului normal închis *Rdl* taie alimentarea releelor de lucru, aducînd schema în poziţia ei iniţială gata pentru supravegherea depăşirilor de limită.

Funcţionarea releelor reiese uşor din diagrama variaţiei în timp a curentului în înfăşurările releelor (fig. 7).

Pentru fiecare punct de distribuţie a gazului metan telemecanizat este necesar un echipament de telemăsurare şi telesemnalizare analog cu cel din schemă precum şi o lampă de semnalizare. Blocul de impulsuri este unul singur pentru toate punctele telemecanizate.

În această schemă s-au utilizat relee telefonice şi relee speciale, redresoare, chei de comutaţie speciale, toate de fabricaţie indigenă.

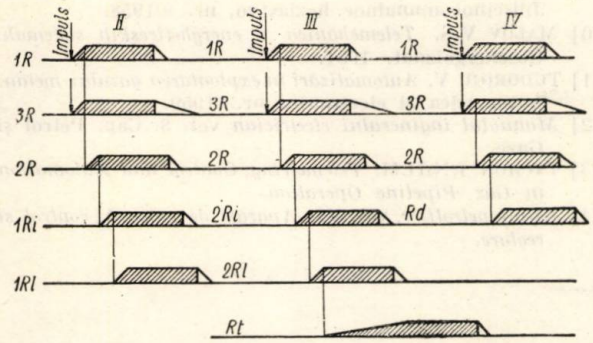


Fig. 7. Diagrama variaţiei în timp a curentului în înfăşurările releului.

Pentru camera dispecerului central s-a conceput un pupitru (fig. 8) care va fi instalat într-o cameră specială.

Pe partea verticală a pupitrului se află o schemă sinoptică care serveşte la supravegherea continuă a telemăsurilor şi telesemnalizărilor.

Fiecare punct măsurat permanent are un aparat receptor propriu şi o lampă de semnalizare roşie. Fiecare punct măsurat la apel

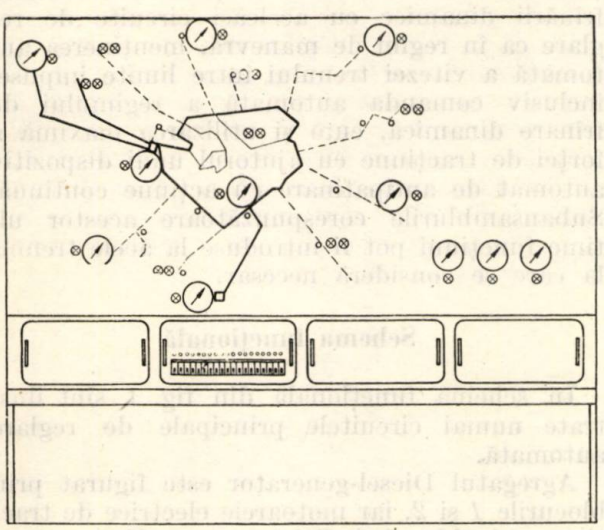


Fig. 8. Schiţa panoului de la punctul de dispecer.

are pe schema sinoptică două lămpi una roşie de semnalizare şi una albă de control care indică că punctul respectiv se măsoară pe aparatul comun de recepţie.

Pe partea înclinată a punctului se montează cheile de comutare ale tuturor punctelor telemăsurate.

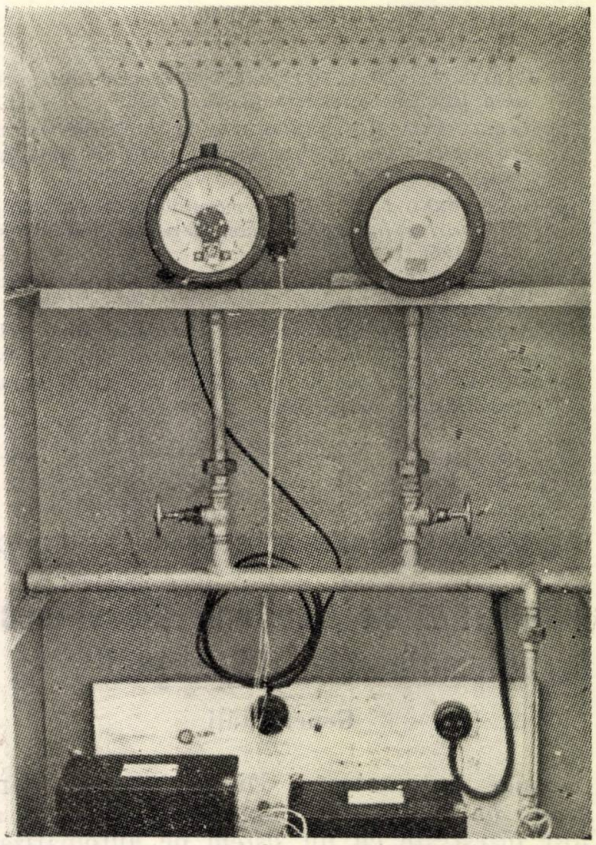


Fig. 9. Instalaţia de automatizare pentru telemăsurarea presiunii gazului realizată de ICET.

Concluzii

Desigur că ceea ce s-a făcut pînă acum constituie un pas înainte în domeniul automatizării reţelelor de distribuţie a gazelor în oraşe. Acest lucru este însă cu totul insuficient.

În viitorul apropiat trebuie să trecem la automatizarea complexă a reţelei de distribuţie orăşenească prin crearea unui sistem central de supraveghere, control şi reglare care să realizeze telemăsurarea presiunii şi debitului punctelor cheie ale reţelei de alimentare cu gaz natural, telesemnalizarea depăşirilor de limită a presiunii, precum şi telecomanda ventilelor de la staţiile de reglare importante. Această automatizare va duce la o mai bună deservire a consumatorilor industriali şi comunali, la economie realizată în urma reducerii personalului de deservire, a scurgerilor de gaze în caz de avarie.

De asemenea în domeniul aparaturii este necesară realizarea în ţară a aparaturii primare (manometre cu traductor electric şi manometre cu contacte electrice) precum şi a aparaturii de telemăsură care să realizeze tot volumul necesar de telemecanică pe două fire telefonice.

Automatizările în reţelele de distribuţie orăşeneşti de gaze trebuie extinse pentru o primă etapă şi asupra altor oraşe cu reţele întinse, ca de exemplu Ploeşti, Oraşul Stalin, Cluj.

BIBLIOGRAFIE

[1] KARLINSKAIA M. I., BELKIN I. T. *Telemehanizaţia gorodskih gazovih hoziaistv.* Moscova, 1958.

[2] KARLINSKAIA M.I., SINIAGHINA M.N. *Telemehanizaţia gorodskih sistem gazosnabjenia.* Gazovaia promîşlenosti nr. 6/1956.

[3] GRIGORENKO N. P. *Despre măsurătorile la distanţă ale parametrilor fluxului de gaze.* Gazovaia promîşlenosti nr. 6/1956.

[4] KORNILOV I. G. *Razvitie avtomatizaţii i telemehanizaţii v gazovoi promîşlenosti.* Avtomatica nr. 6/1957.

[5] *Avtomatizaţia profesov dobîci i transporta gaza.* Mehanizaţia i avtomatizaţia promîşlenosti nr. 1/1959.

[6] SMAREV A.T. *Osnovtie napravlenia v razvitii gazovoi promîşlenosti* nr. 5/1957.

[7] DAVIDENKO V.F. *Dvuhimpulsnîi reguliator davlenia gaza.* Peredovoi naucino-tehniceski i proizvodstvenîi opît. vol. 24 1957.

[8] VODIANIK P.F. *Televimiruvania i telereguliuvania gazoreguliuiucih puntah.* Avtomatica i telemehanika v gazovoi promîşlenosti. Acad. de Ştiinţe a RSSU, 1959.

[9] VODIANIK P.F. *Telemehanizaţia v gazovom hoziaistve.* Jilişcinocomunalnoe hoziastvo, nr. 9/1958.

[10] MALOV V.S. *Telemehanica v energheticeskih sistemah.* Gosenergoizdat. 1951.

[11] TUDOROIU V. *Automatizări în exploatarea gazului metan.* Automatica şi electronica nr.3/1959.

[12] *Manualul inginerului electrician* vol. 8. Cap. Petrol şi Gaze.

[13] TYCHON I.N.H.M. *Telemetring, Control and Automation in Gaz Pipeline Operation.*

[14] *Utilaj petrolifer,* vol. VI. *Aparate de măsură, control şi reglare.*

DOREL DAMSKER, NICOLAE COSTAKE, REINHARDT FLEISCHER şi GÜNTHER WEINRICH*

Automatizarea tracţiunii Diesel-electrice realizată la automotoarele „23 August"

CZ 621–53 : 621.335.1–833.6

Generalităţi

Noile automotoare Diesel-electrice, construite de uzina „23 August" din R.P.R., au fost înzestrate cu un sistem de automatizare conceput şi realizat de tehnicieni romîni. Aceste automotoare au cîte două vagoane motoare şi două la patru remorci. Fiecare vagon motor este echipat cu un motor Diesel principal de 600 CP (cu supraalimentare) exploatat în gama continuă de turaţie între 670 şi 1 250 rot/min, şi un motor Diesel auxiliar de 100 CP, care antrenează un alternator trifazat şi mecanisme auxiliare. Elementele amintite sînt din producţia curentă în R.P.R. (uzinele „23 August" şi C.M.R.). Primele trenuri au parcurs pînă acum cîteva zeci de mii de km în exploatarea normală, dînd rezultatele aşteptate.

Funcţiunile principale îndeplinite de automatizare sînt legate de regimurile de mers ale trenului. Astfel, la pornire, acceleraţia se obţine prin limitarea curentului principal, funcţie de poziţia manetei controlerului, puterea debitată de motorul Diesel fiind adaptată automat la sarcina preluată de transmisia electrică. În regimuri de manevră, viteza trenului este menţinută constantă la valori foarte mici (3—15 km/h). În regim de mers normal, supraîncărcarea motorului Diesel este evitată prin funcţionarea automată la putere constantă, între turaţia şi injecţia motorului Diesel la puteri fracţionare fiind menţinută o relaţie neliniară, corespunzătoare curbei optime de funcţionare. La viteze foarte mari de mers, curentul de excitaţie al generatorului este limitat şi în mod automat motorul Diesel este trecut la o putere fracţionară corespunzătoare sarcinii pe care o poate prelua transmisia electrică, în această situaţie. La manevrarea bruscă a controlerului, acceleraţia şi deceleraţia agregatului Diesel-generator sînt menţinute la valori prestabilite prin variaţia sarcinii şi injecţiei. De asemenea, sistemul permite realizarea frînării dinamice cu aceleaşi circuite de reglare ca în regim de manevră, menţinerea automată a vitezei trenului între limite impuse, inclusiv comanda automată a regimului de frînare dinamică, cum şi utilizarea maximă a forţei de tracţiune cu ajutorul unui dispozitiv automat de antipatinare cu acţiune continuă. Subansamblurile corespunzătoare acestor ultime funcţiuni pot fi introduse la acele trenuri la care se consideră necesar.

Schema funcţională

În schema funcţională din fig. 1 sînt ilustrate numai circuitele principale de reglare automată.

Agregatul Diesel-generator este figurat prin blocurile *1* şi *2*, iar motoarele electrice de tracţiune prin blocul *3*. Prin maneta *12* a controlerului, operatorul fixează poziţiile rotorului selsinului *11*, cursorului potenţiometrului *15* şi tensiunea dată de divizorul de tensiune *16*.

Selsinul de referinţă *11*, selsinul transformator *10*, amplificatorul *9* şi servomotorul *7* constituie servomecanismul de comandă a puterii motorului Diesel, care foloseşte în anumite regimuri şi ca regulator al acestei puteri. Corespunzător cu poziţia manetei *12*, servomotorul *7* comandă injecţia prin intermediul pompei

* Conf. ing. D. DAMSKER, laureat al Premiului de Stat este şef de secţie la Institutul de Cercetări Electrotehnice ; ing. N. N. COSTAKE este cercetător, iar ing. R. FLEISCHER şi ing. G. WEINRICH, cercetători principali la acelaşi Institut.

de injecție *5* și impune turația pentru grupul DG prin intermediul potențiometrului *8*.

Generatorul principal *2* este excitat prin intermediul amplitudinii *13* și preamplificatorului magnetic în contratimp *14*, de către tensiunea pilot *20*. Tensiunea pilot în lipsa altor reacții provoacă excitarea generatorului

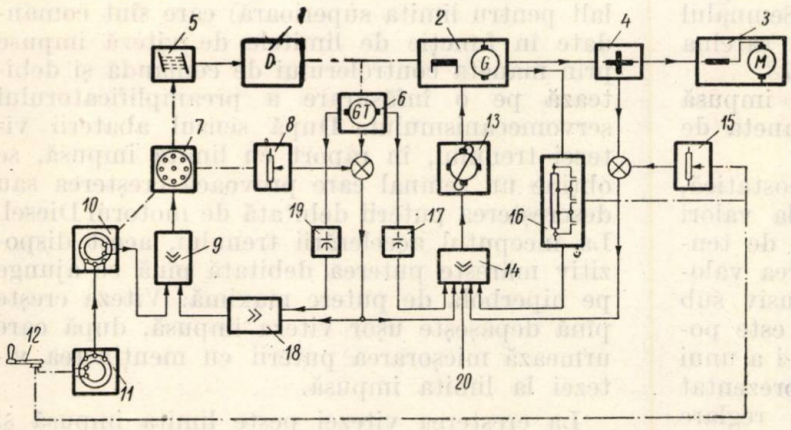


Fig. 1. Schema funcțională a principalelor circuite de reglare automată.

formatorul de curent continuu *4* este mai mare decît cel impus prin potențiometrul *15*, generatorul este dezexcitat și curentul este reglat la valoarea impusă. Dacă tensiunea generatorului este mai mare decît cea impusă prin divizorul de tensiune *16*, generatorul este dezexcitat pînă la valoarea impusă.

Tahogeneratorul *6* măsoară turația agregatului DG. Diferența dintre tensiunea tahogeneratorului și tensiunea potențiometrului *8* constituie un semnal care influențează după polaritatea sa, fie excitația generatorului, fie injecția. Dacă turația agregatului este mai mică decît valoarea impusă prin potențiometrul *8*, atunci acest semnal dezexcită generatorul reechilibrînd sarcina la puterea motorului *D*. Invers, dacă turația agregatului este superioară, atunci semnalul, care are polaritate inversă prin amplificatoarele *18* și *9* și servomotorul *7*, reduce puterea motorului *D*, pentru a adapta puterea la sarcina pe care o poate prelua transmisia electrică.

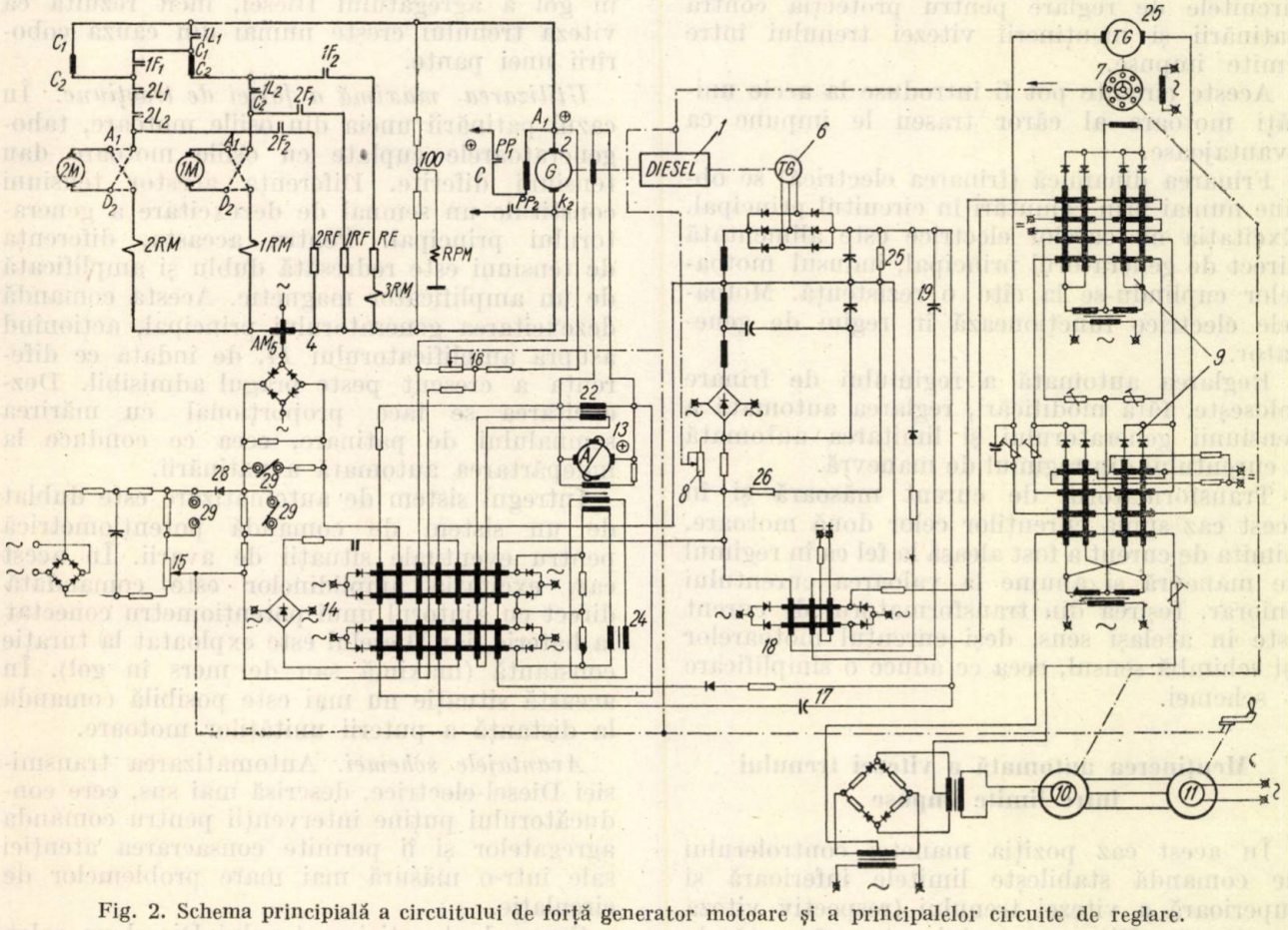


Fig. 2. Schema principială a circuitului de forță generator motoare și a principalelor circuite de reglare.

pînă la valoarea corespunzătoare curentului de excitație maxim admisibilă. Dacă curentul dintre generator și motoare măsurat de trans-

În procesele tranzitorii electromecanice, provocate de manevrarea bruscă a manetei *12* sau de alte cauze întîmplătoare, accelerația și de-

celeraţia agregatului DG sînt controlate printr-un dispozitiv dublu care acţionează simultan asupra tensiunii generatorului, cum şi asupra injecţiei. Acceleraţia, respectiv deceleraţia agregatului sînt măsurate pe cale electrică prin bateriile de condensatoare *17* şi *19*. Semnalul proporţional cu acceleraţia măreşte sarcina prin intermediul preamplificatorului *18*.

Limita de curent de pornire este impusă prin potenţiometrul *15*, cuplat cu maneta de mers.

Pe poziţiile de manevră şi frînare reostatică, tensiunea generatorului este reglată la valori foarte mici, prin introducerea reacţiei de tensiune indicată prin blocul *16*. Obţinerea valorilor foarte reduse ale tensiunii, inclusiv sub tensiunea remanentă a generatorului, este posibilă prin utilizarea amplidinei *13*, deci a unui element bidirecţional. În fig. 2 s-a reprezentat schema principială a circuitelor de reglare automată, conform schemei funcţionale din fig. 1.

Schema funcţională din fig. 1 şi cea principială din fig. 2 nu cuprind circuitele de corecţie a comportării dinamice, cum şi comutarea corespunzătoare regimului de frînare dinamică, circuitele de reglare pentru protecţia contra patinării şi menţinerii vitezei trenului între limite impuse.

Aceste circuite pot fi introduse la acele unităţi motoare al căror traseu le impune ca avantajoase.

Frînarea dinamică (frînarea electrică) se obţine numai prin comutări în circuitul principal. Excitaţia motoarelor electrice este alimentată direct de generatorul principal, indusul motoarelor cuplîndu-se la cîte o rezistenţă. Motoarele electrice funcţionează în regim de generator.

Reglarea automată a regimului de frînare foloseşte, fără modificări, reglarea automată a tensiunii generatorului şi limitarea automată a curentului din regimul de manevră.

Transformatorul de curent măsoară şi în acest caz suma curenţilor celor două motoare. Limita de curent a fost aleasă la fel ca în regimul de manevră şi anume la valoarea curentului uniorar. Ieşirea din transformatorul de curent este în acelaşi sens, deşi curentul motoarelor îşi schimbă sensul, ceea ce aduce o simplificare a schemei.

Menţinerea automată a vitezei trenului între limite impuse

În acest caz poziţia manetei controlerului de comandă stabileşte limitele inferioară şi superioară a vitezei trenului (respectiv viteza constantă). Viteza trenului este măsurată de tahogeneratoare cuplate cu osiile motoare. Abaterea de viteză în raport cu limitele impuse corectează automat puterea debitată de motorul Diesel prin acţiunea asupra servomecanismului de comandă a injecţiei şi turaţiei motorului Diesel. Pentru aceasta, abaterea de viteză este amplificată de două amplificatoare magnetice (unul pentru limita inferioară, celălalt pentru limita superioară) care sînt comandate în funcţie de limitele de viteză impuse prin maneta controlerului de comandă şi debitează pe o înfăşurare a preamplificatorului servomecanismului. După sensul abaterii vitezei trenului, în raport cu limita impusă, se obţine un semnal care provoacă creşterea sau descreşterea puterii debitată de motorul Diesel. La începutul accelerării trenului, acest dispozitiv măreşte puterea debitată pînă ce ajunge pe hiperbola de putere maximă. Viteza creşte pînă depăşeşte uşor viteza impusă, după care urmează micşorarea puterii cu menţinerea vitezei la limita impusă.

La creşterea vitezei peste limita impusă şi după reducerea la minimum a puterii motorului Diesel, este comandată automat cu o temporizare trecerea în regim de frînare dinamică. Puterea debitată a motorului Diesel, corespunzătoare poziţiei zero a servomecanismului, este tocmai cea necesară funcţionării în gol a agregatului Diesel, încît rezultă că viteza trenului creşte numai din cauza coborîrii unei pante.

Utilizarea maximă a forţei de tracţiune. În cazul patinării uneia din osiile motoare, tahogeneratoarele cuplate cu osiile motoare dau tensiuni diferite. Diferenţa acestor tensiuni constituie un semnal de dezexcitare a generatorului principal. Pentru aceasta, diferenţa de tensiuni este redresată dublu şi amplificată de un amplificator magnetic. Acesta comandă dezexcitarea generatorului principal, acţionînd asupra amplificatorului *14*, de îndată ce diferenţa a crescut peste pragul admisibil. Dezexcitarea se face proporţional cu mărirea semnalului de patinare, ceea ce conduce la îndepărtarea automată a patinării.

Întregul sistem de automatizare este dublat de un sistem de comandă potenţiometrică pentru eventuale situaţii de avarii. În acest caz, excitaţia amplidinelor este comandată direct cu ajutorul unui potenţiometru conectat la baterie, iar Dieselul este exploatat la turaţie constantă (maximă sau de mers în gol). În această situaţie nu mai este posibilă comanda la distanţă a puterii unităţilor motoare.

Avantajele schemei. Automatizarea transmisiei Diesel-electrice, descrisă mai sus, cere conducătorului puţine intervenţii pentru comanda agregatelor şi îi permite consacrarea atenţiei sale într-o măsură mai mare problemelor de circulaţie.

Comanda turaţiei motorului Diesel pe calea controlului sarcinii, corecţia automată a puterii debitate, cum şi reglarea automată a acceleraţiei şi deceleraţiei agregatului DG, constituie

o modalitate eficientă și precisă de a stăpîni, după dorință, regimurile staționare și tranzitorii, controlul variației parametrilor electrici și mecanici făcîndu-se automat.

Reglarea automată a accelerației agregatului DG la valori reduse lungește durata de

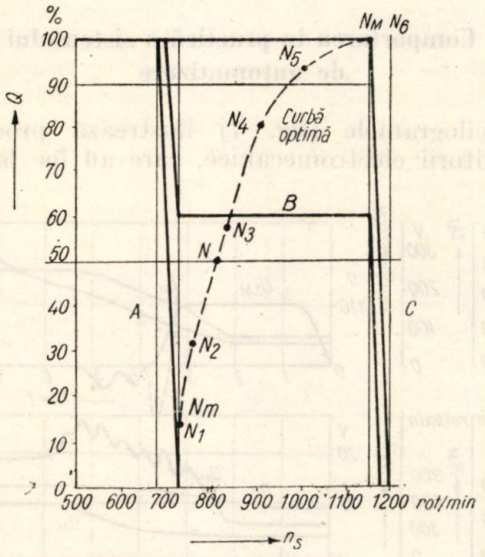


Fig. 3. Diagrama injecție-turație arată regimurile de funcționare automată a motorului Diesel.

serviciu a motorului, permite manevrarea după voie a controlerului de comandă, evită șocuri mecanice și are ca efect creșterea preciziei la lucru a regulatoarelor de turație și admisie.

Reglarea automată a accelerației și decelerației motorului Diesel permite lărgirea gamei de turații în care se exploatează motorul termic.

Între turația motorului Diesel și cuplul său (injecția sa) este asigurată o anumită corespondență, atît în regimurile staționare, cît și în cele tranzitorii. Fig. 3 explică această corelație. Punctul corespunzător funcțiunii cu putere maximă este N_M (N_6) în diagrama respectivă. La puteri fracționare, pornind de la puterea cea mai mică N_m(N_1), turația crește încet în raport cu injecția, încît motorul Diesel este exploatat în marea majoritate a timpului la turații reduse. Acest fel de exploatare conduce la o durată de serviciu mai lungă. La marginile intervalului de variație a turației, turația este menținută constantă prin variația injecției comandată de un dispozitiv centrifugal (curbele *A* și *C*). Între cele două limite injecția este comandată la valori constante (curba *B*) și turația este reglată în circuit închis. Acest mod de funcționare nu se schimbă dacă sarcina este limitată. În acest caz turația și injecția sînt reduse în mod corespunzător.

Amplificarea mare permite mărirea zonei de funcționare cu putere constantă (lărgirea conturului hiperbolic al caracteristicii externe a generatorului), atît în direcția curenților mari cît și în direcția tensiunilor mari, deoarece dă posibilitatea ca intersecțiile cu curbele de curent limitat și tensiunea limitată să se facă foarte aproape de valorile maxime admisibile. Aceasta are ca efect intrarea pe hiperbolă de putere constantă la viteze mai mici ale trenului, deci se scurtează timpul de accelerare a trenului.

Caracteristicile externe ale generatorului sînt redate în fig. 4. Au fost trasate curbele de tensiune, în funcție de curent, pentru șase puteri ale generatorului. Este de remarcat că regiunile de limitare sînt abrupte și regiunea de putere constantă este largă. În aceeași figură, curba *K* reprezintă caracteristica de scurtcircuit, iar curbele *IM*, *IIM*, *IIIM* reprezintă curbele de funcționare în regimul de manevră. Generatorul are numai excitație independentă, încît gabaritul său este relativ mic.

Amplificarea mare din sistemul de excitare a generatorului permite ca eroarea staționară de turație a agregatului să fie mai mică. Din această cauză, la curent de sarcină mare se pierde numai o cantitate neglijabilă de putere, ca urmare a faptului că turația scade foarte puțin.

Adoptarea elementelor tip de automatizare, comune cu cele folosite obișnuit în industrie, care se pretează la funcționarea cu trepidații și șocuri, permite să se renunțe la dispozitive de automatizare mecanice, construite special numai pentru utilizare în tracțiunea Diesel-electrică.

În vederea măririi numărului de funcțiuni automatizate s-a prevăzut montarea la fiecare osie-motoare a cîte unui tahogenerator care se folosește simultan în mai multe circuite de reglare automată. Cu ajutorul acestor tahogeneratoare sistemul de automatizare permite menținerea vitezei trenului între limite stabilite dinainte sau menținerea constantă a vitezei

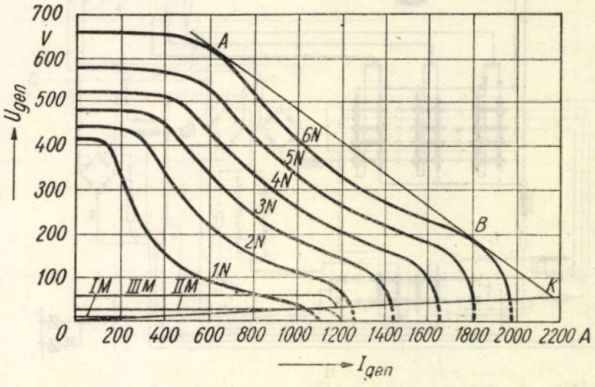


Fig. 4. Caracteristicile externe ale generatorului principal în funcționare automată.

sale, intrarea automată în regim de frînare reostatică și menținerea constantă a vitezei de coborîre a pantelor, cum și dezexcitarea în circuit închis a generatoarei principale în cazul patinării sau blocării unor osii.

Sistemul de comandă centralizat permite comanda ambelor unităţi motoare de la posturile de comandă din capetele trenului. Sistemul de comandă cuprinde, printre altele, posibilitatea opririi şi pornirii oricăruia dintre cele patru motoare termice, funcţionarea cu ambele sau numai cu o singură unitate motoare, funcţionarea numai cu un singur agregat auxiliar, selectarea unuia dintre motoarele electrice de cale etc.

Serviciile auxiliare

La automotoarele descrise, serviciile auxiliare sînt prevăzute cu comandă centralizată şi reglări automate în vederea deservirii cît mai uşoare şi a unei exploatări cît mai raţionale.

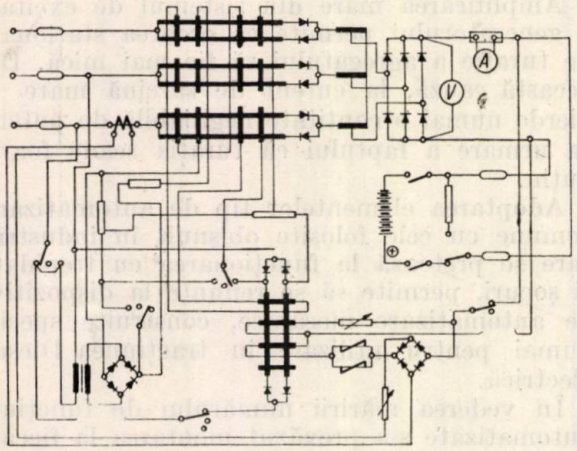


Fig. 5. Schema principială a reglării automate a tensiunii alternatorului autoexcitat.

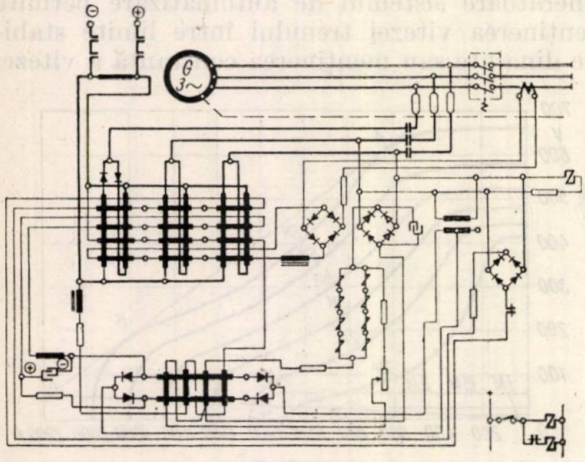


Fig. 6. Schema principială a sistemului de încărcare automată a bateriei de acumulatoare.

Sursa de energie pentru serviciile auxiliare este alternatorul antrenat de motorul Diesel auxiliar. Acesta are o putere de 30 kVA şi este dotat cu autoexcitaţie şi reglarea automată a tensiunii (fig. 5).

Încărcarea bateriei de acumulatoare se face prin redresoare semiconductoare, comandate prin amplificatoare magnetice. Încărcarea se face automat în funcţie de tensiunea bateriei cu limitarea curentului de încărcare la limita admisibilă pentru instalaţie (fig. 6).

Comportarea în practică a sistemului de automatizare

Oscilogramele (fig. 7) ilustrează procesele tranzitorii electromecanice, care au loc la trecerea bruscă a manetei de comandă din poziţia $1N$ în poziţia $5N$. La această oscilogramă s-a notat cu U_{SM} tensiunea pe înfăşurarea de comandă a servomotorului bifazat, care comandă injecţia şi turaţia motorului Diesel, U_G tensiunea la bornele generatorului principal, I_M curentul fiecărui motor de tracţiune, U_A tensiunea la bornele amplidinei şi n_M şi n_D turaţiile motoarelor de tracţiune şi ale motorului Diesel. Se observă că toţi parametrii

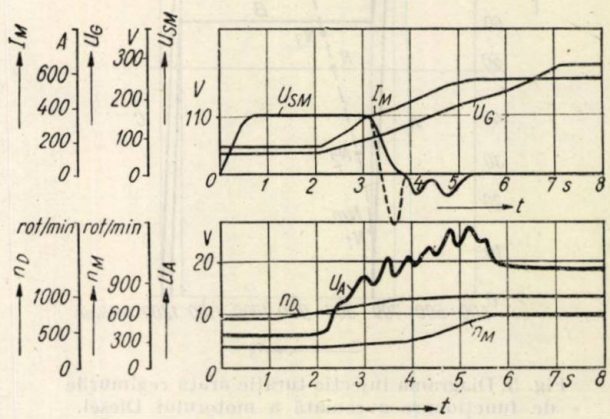


Fig. 7. Oscilograma variaţiei mărimilor principale electrice şi mecanice la manevrarea bruscă a controlerului de comandă.

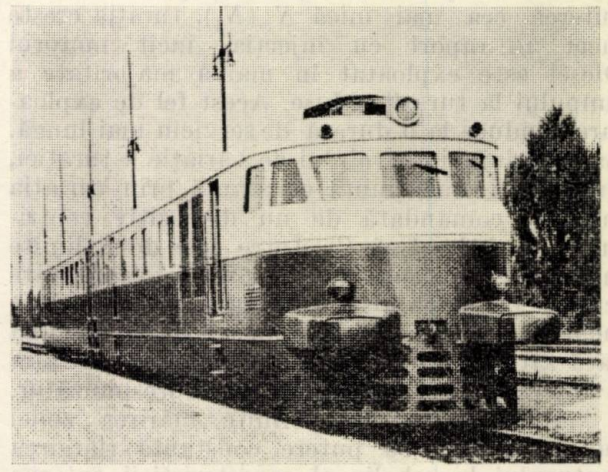


Fig. 8. Fotografia unuia dintre trenurile automotoare DE construite de uzinele „23 August".

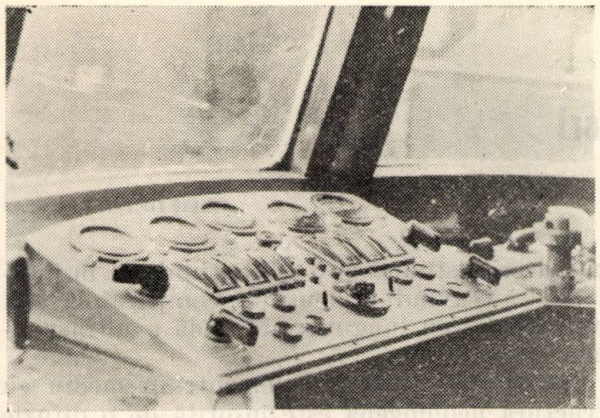


Fig. 9. Pupitrul de comandă.

electromecanici variază aperiodic în timpul procesului tranzitoriu. Excepție face tensiunea amplidinei care, prin oscilațiile sale, grăbește atingerea regimului staționar. Din aceleași oscilograme se vede că după comanda maximă regimul staționar este atins în aproximativ 10 secunde.

Fotografia din fig. 8 reprezintă unul din noile trenuri automotoare construite de uzinele „23 August". Fotografiile din figurile 9 și 10 arată pupitrul de comandă și panoul cu instrumentele de măsură din sala mașinilor.

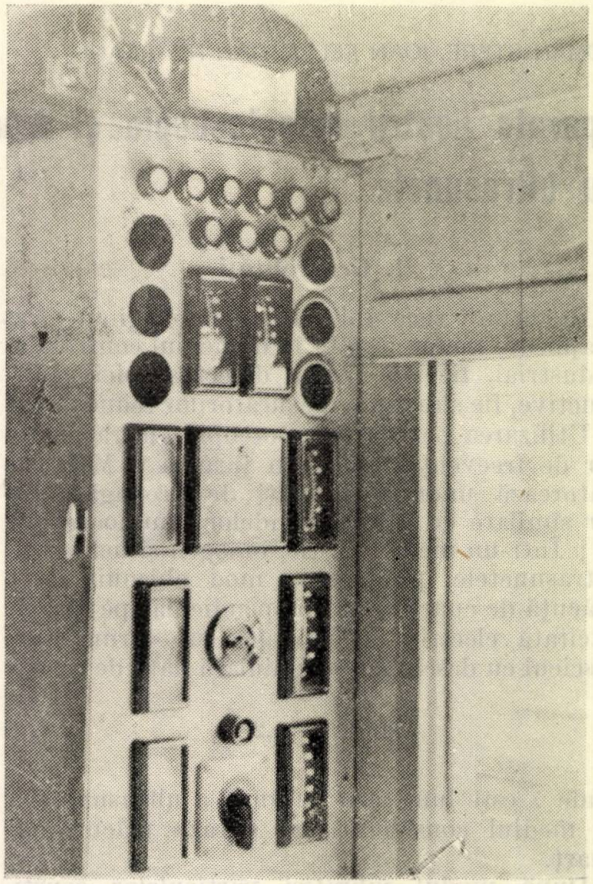


Fig. 10. Panoul cu aparate de măsură din sala de mașini.

BIBLIOGRAFIE

[1] DAMSKER D. și colab. : *Sistem de comandă și reglare automată a unei transmisii Diesel-electrice.* Memoriu la OSI nr. 41552 înreg. la 5.6.57.

[2] DAMSKER D. și colab. : *Dispozitiv accelerometric de reglare automată a puterii date de motorul Diesel dintr-un sistem de comandă și reglare automată a unei transmisii Diesel-electrice.* Memoriu la OSI nr. 42081 înreg. la 3.6.58.

[3] DAMSKER D. și colab. : *Dispozitiv automat împotriva oscilațiilor în cazul proceselor tranzitorii la reglarea automată a unei transmisii Diesel-electrice.* Memoriu la OSI nr. 42082 înreg. la 3.6.58.

[4] DAMSKER D. și colab. : *Dispozitiv dublu de control automat al accelerației și decelerației agregatului Diesel-generator la exploatarea motorului Diesel prin transmisie electrică la turație variabilă.* Memoriu la OSI nr. 42772 înreg. la 16.6.59.

[5] DAMSKER D. : *Reglarea automată a unui alternator autoexcitat.* Revista Automatica și Electronica nr.2/1959.

ROMAN STERE, IOAN FELEA, DAN NEGREANU*

Aparate pentru defectoscopie şi măsurători cu ultrasunete

CZ 620.179.16 : 534.321.9.08

1. Generalităţi

În ultimii zece ani, ultrasunetele şi-au găsit o aplicare mereu lărgită în domeniul controlului industrial, fie sub forma defectoscopiei nedistructive, fie sub cea a măsurătorilor tehnologice.

Utilizarea pentru defectoscopie a ultrasunetelor de frecvenţă înaltă (în jurul a 1 MHz) se datorează unor proprietăţi de propagare ale lor similare cu cele ale undelor luminoase [1], [2]. Într-un mediu elastic, omogen şi nelimitat, ultrasunetele, produse în mod obişnuit de o plăcuţă de cuarţ tăiată perpendicular pe axa X, excitată electric, se propagă sub forma unui fascicul cu deschidere unghiulară dată de relaţia

$$\sin \alpha = 1{,}2 \frac{\lambda}{r} \qquad (1)$$

unde λ este lungimea de undă a ultrasunetelor în mediul considerat, iar r raza plăcuţei de cuarţ.

După modul vibraţiei particulelor constitutive ale mediului, ultrasunetele se pot propaga sub forma a mai multor tipuri de undă, din care principalele sînt : undele longitudinale (în care traiectoriile de vibraţie ale particulelor mediului elastic sînt pe direcţia propagării undei) şi undele transversale (cu traiectorii de vibraţie normale la direcţia de propagare).

La suprafaţa de separaţie a două medii avînd impedanţe acustice $R = \rho v$ diferite (ρ fiind densitatea mediului iar v viteza de propagare a ultrasunetelor în mediul considerat), se produc fenomene de reflexie şi refracţie guvernate de legile opticii geometrice.

În cazul incidenţei normale, raportul amplitudinii undelor reflectate (A_r) faţă de amplitudinea undelor incidente (A_i) este dat de relaţia

$$\frac{A_r}{A_i} = \frac{R_1 - R_2}{R_1 + R_2} \qquad (2)$$

unde R_1 şi R_2 sînt impedanţele acustice ale celor două medii. Ca suprafaţă de separaţie poate fi considerată şi suprafaţa limită între un material studiat şi o discontinuitate în interiorul său avînd dimensiuni comparabile (cel puţin egale) cu lungimea de undă a ultrasunetelor λ.

Propagarea ultrasunetelor într-un mediu cu structură neomogenă este însoţită de o difuzie şi absorbţie cu atît mai pronunţată cu cît raportul $\frac{d}{\lambda}$ (d — dimensiunea medie a neomogenităţilor) este mai mare. Pentru detectarea unei discontinuităţi se impune deci o lungime de undă λ de cîteva ori mai mare decît dimensiunea medie a particulelor constitutive ale materialului supus încercării. Mărirea excesivă însă a lungimii de undă face imposibilă punerea în evidenţă a discontinuităţilor mici. Pentru metale şi materiale ceramice sînt indicate lungimi de undă cărora le corespund frecvenţe cuprinse între 0,5 şi 5 MHz.

2. Defectoscopia cu ultrasunete

Proprietăţile de directivitate, reflexie puternică la discontinuităţi şi bună propagare în materialele cu structură relativ omogenă, fac ca ultrasunetele să permită atît detectarea cu mare sensibilitate a defectelor cît şi localizarea lor exactă în piesă [3], [4], [5], [6],[7], [14].

Metodele fundamentale de defectoscopie sînt :

a) defectoscopia cu unde întreţinute (continuă) — prin transmisie sau reflexie şi prin rezonanţă în piesă, şi

b) defectoscopia în impulsuri — prin reflexie şi transmisie.

2.1. *Defectoscopia cu unde întreţinute.* Metoda prin transmisie sau reflexie constă în trimiterea în piesa studiată a unui fascicul de unde întreţinute şi recepţionarea undelor transmise prin piesă sau reflectate în interiorul ei. Prezenţa unui gol sau neomogenităţi în interiorul materialului se traduce prin modificarea intensităţii undelor transmise sau reflectate. În cazul metodei transmisiei (fig.1), defectul produce micşorarea semnalului cules de cuarţul receptor. Pentru a evita formarea în piesa încercată a undelor staţionare care pot duce la erori importante în cursul încercărilor generatorul ultrasonor se modulează în frecvenţă.

Metoda are avantajul simplităţii, însă nu permite decît descoperirea unor defecte relativ

* Ing. R. STERE este şef de secţie la Institutul de Cercetări Electrotehnice, conferenţiar la Institutul Politehnic Bucureşti şi membru în Comisia de Automatizare de pe lîngă Prezidiul Academiei R.P.R.

Ing. I. FELEA este cercetător principal la Institutul de Cercetări Electrotehnice.

Ing. D. NEGREANU este cercetător la Institutul de Cercetări Electrotehnice.

mari (de ordinul de mărime al cristalului receptor) şi este inaptă pentru determinarea adîncimii defectului în piesă.

Metoda rezonanţei este mai puţin utilizată în defectoscopie cît pentru măsurarea precisă a grosimii pieselor (în special mici) acce-

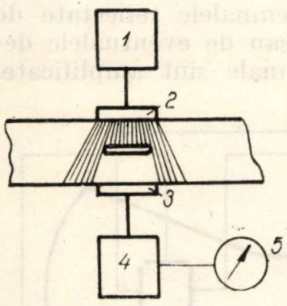


Fig. 1. Schema bloc a sistemului de defectoscopie ultrasonoră prin transmisie, cu unde întreţinute :
1 – generator ; *2* – cristal emiţător ; *3* – cristal receptor ; *4* – amplificator ; *5* – instrument indicator ; *6* – piesa cercetată.

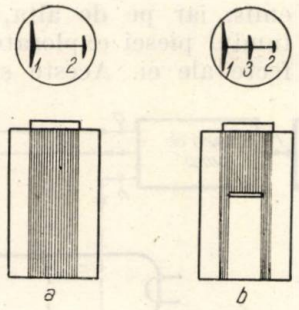


Fig. 2. Principiul defectoscopiei ultrasonore în impulsuri :
a – piesă bună ; *b* – piesă defectă ; *1* – impuls emis ; *2* – impuls reflectat de fundul piesei ; *3* – impuls reflectat de defect.

sibile pe o singură faţă. Se variază frecvenţa ultrasunetelor transmise în piesă pînă cînd drumul parcurs (grosimea piesei) este un multiplu de jumătăţi de lungimi de undă. Momentul rezonanţei se determină prin măsurarea fie a amplitudinii semnalului ultrasonor transmis prin piesă (maxim) fie a energiei debitate de generator (minimă). Grosimea piesei se deduce prin stabilirea intervalului de frecvenţă între două rezonanţe succesive.

Metoda este de neînlocuit la măsurarea grosimii pereţilor subţiri (pînă la fracţiuni de mm) ai vaselor complet închise, a tuburilor foarte lungi etc.

2.2. *Defectoscopia în impulsuri* [10], [11], [12] datorită versatilităţii ei este cea mai răspîndită metodă de defectoscopie ultrasonoră. Principiul ei este următorul.

Un generator electronic aplică unui cristal de cuarţ piezoelectric emiţător, impulsuri de înaltă frecvenţă cu o durată de cîteva microsecunde şi amplitudine de cîteva sute de volţi. Cristalul transmite în piesa supusă încercării impulsuri de vibraţii ultrasonore, sub forma unui fascicul îngust care se propagă în lungul piesei şi se reflectă atît la fundul ei cît şi la orice neomogenitate (defect) întîlnită pe parcurs. Impulsurile reflectate sînt culese de un al doilea cristal receptor, sau de acelaşi cristal, lucrînd acum ca receptor. Tensiunea electrică obţinută este amplificată şi aplicată pe plăcile verticale ale unui tub catodic pe al cărui ecran se obţine o imagine asemănătoare celei reprezentate în fig. 2. Amplitudinea impulsului reflectat de defect corespunde într-o oarecare măsură mărimii defectului, iar distanţa între impulsul emis şi cel reflectat de defect este proporţională cu timpul de propagare, deci cu distanţa pînă la defect.

Utilizarea unui singur cristal cu funcţia combinată de emiţător şi receptor asociază avantajului unei manipulări comode, dezavantajul apariţiei unei zone moarte, adică a unei zone situată în imediata apropiere a suprafeţei piesei, în cuprinsul căreia eventualele defecte nu pot fi sezisate, datorită blocării receptorului în cursul acţionării impulsului emis (§4.2.1).

Această metodă permite detectarea defectelor ce prezintă o suprafaţă de reflexie de numai 1 mm² în piese de 20—30 cm sau de 2—5 mm² în piese de cîţiva metri.

Întrucît reflexia este condiţionată numai de existenţa unei suprafeţe de discontinuitate şi nu este afectată de masa (volumul) neomogenităţii, metoda este aptă să deceleze prezenţa unor discontinuităţi (ex. fisuri) oricît de fine, dacă ele prezintă o suprafaţă de reflexie normală la direcţia fascicolului, suficient de mare. Datorită principiului ei bazat pe reflexie, metoda permite localizarea precisă în plan şi adîncime a poziţiei defectelor.

O variantă a metodei de defectoscopie în impulsuri foloseşte, ca metodă cu unde întreţinute, transparenţa piesei şi „umbra" produsă de defect. Această variantă este mai puţin utilizată întrucît oferă o sensibilitate mai redusă, nu poate preciza adîncimea defectului şi presupune accesibile ambele feţe ale piesei.

3. Măsuri cu ultrasunete

Am menţionat mai sus (§ 2.1) utilizarea metodei rezonanţei pentru determinarea grosimii pereţilor subţiri ai vaselor închise sau semiînchise. Metoda de defectoscopie în impulsuri poate fi folosită şi ea în scopuri de măsurare, fie pentru determinarea grosimii unei piese de dimensiuni mai mari, cînd faţa opusă nu este accesibilă instrumentelor de măsură obişnuite, fie pentru determinarea pe probe de dimensiuni cunoscute a constantelor elastice ale materialelor, prin măsurarea vitezei de propagare a ultrasunetelor în interiorul lor [9]. Ambele genuri de măsurători reclamă înzestrarea defectoscopului cu circuite care să permită măsurarea cu o precizie ridicată a distanţei în timp între impulsul emis şi impulsul reflectat de fundul piesei. Măsurarea constantelor elastice : E (modulul de elasticitate longitudinală), G (modulul de elasticitate transversală) şi μ (coeficientul de contracţie transversală) se face pe baza relaţiilor care leagă aceste mărimi de vitezele de propagare ale ultrasunetelor

$$v_L = \sqrt{\frac{E(1-\mu)}{\rho(1+\mu)(1-2\mu)}} \qquad (3)$$

$$v_T = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \qquad (4)$$

în care v_L, v_T sînt vitezele undelor longitudinale, respectiv transversale, iar ρ densitatea mediului.

Pentru probele de dimensiuni transversale mici în raport cu lungimea, $\mu \to 0$ şi relaţia (3) devine

$$v_L = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \qquad (3')$$

Cu ρ cunoscut, E şi G rezultă, în acest caz, direct din măsurători.

mul dictat de sincronizator şi întîrziate în raport cu momentul de sincronizare, determinat de bascularea sincronizatorului, cu un interval constant de 50 μs. Întîrzierea este necesară pentru ca frontul impulsului emis să poată fi observat uşor pe ecranul tubului catodic.

Receptorul primeşte, pe de o parte, semnalul emis, iar pe de alta, semnalele reflectate de fundul piesei explorate sau de eventualele defecte ale ei. Aceste semnale sînt amplificate,

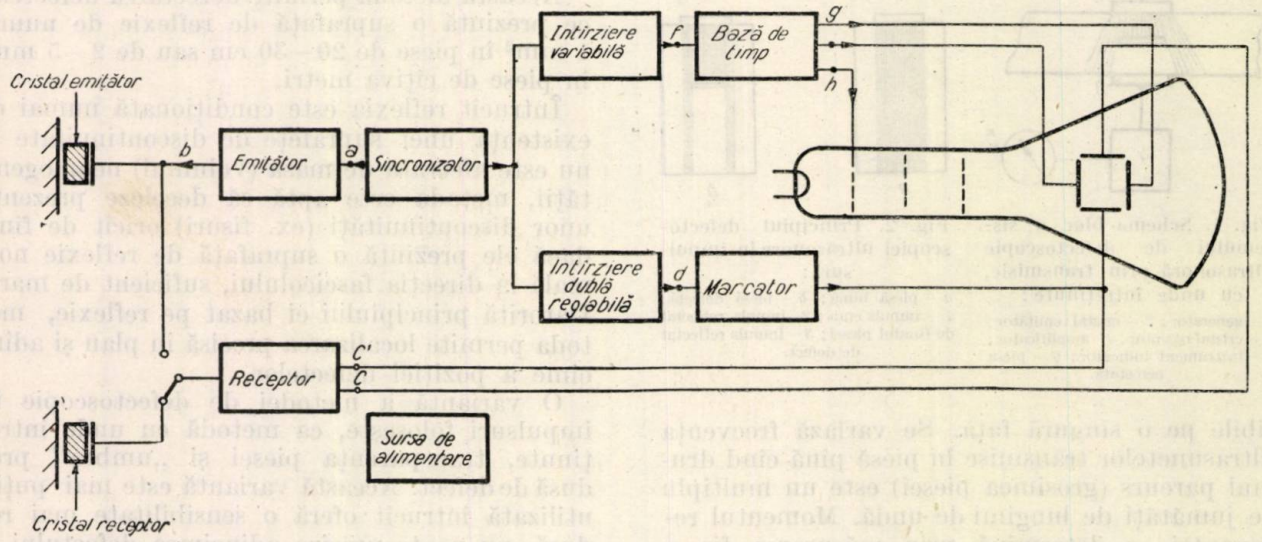


Fig. 3. Schema bloc a defectoscopului.

Importanţa practică a măsurării constantelor elastice rezidă în faptul că pentru o serie de materiale (ceramice, betoane, plastice) aceste constante dau indicaţii asupra calităţii lor de preparare. Precizia cerută în determinarea lor este de ordinul procentului.

4. Defectoscopul cu ultrasunete ICET

Autorii acetui articol au realizat în cadrul Institutului de Cercetări Electrotehnice un defectoscop în impulsuri universal, destinat atît detectării defectelor în piese din diferite materiale (metale, ceramice etc.) cît şi efectuării de măsurători precise asupra constantelor lor elastice.

4.1. *Schema bloc* a defectoscopului este reprezentată în fig. 3, iar modul lui de lucru ilustrat în diagrama de impulsuri din fig. 4.

Un *sincronizator* multivibrator astabil, cu frecvenţa de basculare de 50, 100, 200 sau 400 pps declanşează, pe de o parte, emiţătorul, iar pe de alta, prin intermediul unor circuite de întîrziere variabilă, baza de timp şi sistemul de marcare a timpului asociate tubului catodic.

Emiţătorul aplică traductorului electromecanic reprezentat de un cristal de cuarţ oscilaţii de mare amplitudine (500 V vîrf la vîrf) şi înaltă frecvenţă (0,5, 1, 2 sau 4 MHz) puternic amortizate (curba *b*), repetate periodic în rit-

detectate şi aplicate plăcilor verticale ale tubului catodic (curba *c*). Amplificarea totală a receptorului este de aproximativ 110 db. Receptorul poate fi comutat astfel încît să lucreze fie cu cristalul emiţătorului, fie cu un cristal propriu.

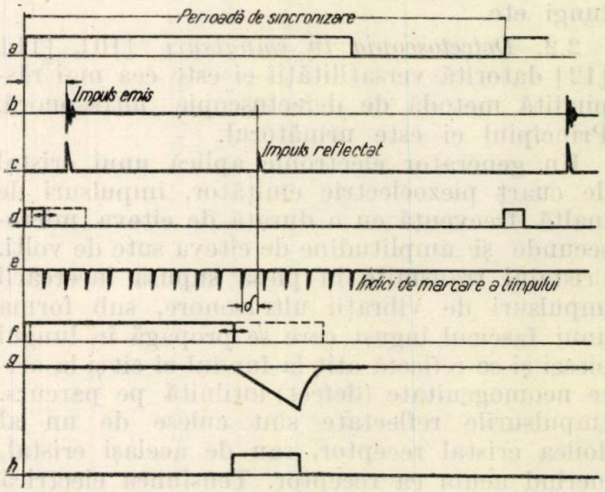


Fig. 4. Diagramă de impulsuri ilustrînd funcţionarea defectoscopului.

În primul caz emiţătorul şi receptorul sînt cuplate electric şi impulsul emis se aplică integral receptorului; în cazul al doilea impulsul emis apare pe tubul indicator numai datorită

cuplajului electric parazit existent între receptor şi emiţător.

Baza de timp, cu declanşare externă, poate fi comutată în trepte de la o durată de 15 μs la 1,5 ms corespunzînd unui parcurs al ultrasunetelor în oţel de la 5 cm la 5 m. Baza de timp generează două tensiuni liniare simetrice (curba *g*) pentru baleierea spotului şi o tensiune dreptunghiulară (curba *h*) pentru aprinderea lui. Este declanşată de sincronizator prin intermediul unui circuit „fantastron", cu *întîrziere liniar variabilă* (curba *f*) care îi dă posibilitatea de a fi folosită ca o „lupă" permiţînd astfel explorarea detaliată a imaginii impulsurilor reflectate şi măsurarea cu precizie a distanţei între ele şi impulsul emis.

Marcatorul generează indici de timp distanţaţi la 2, 10 sau 50 μs, care, aplicaţi unei plăci verticale a tubului catodic, apar pe ecranul lui sub forma unor segmente verticale negative echidistante (curba *e*). Este declanşat întîrziat în raport cu sincronizatorul, prin intermediul unui circuit „sanatron", cu *întîrziere liniară dublă reglabilă* (curba *d*). Întîrzierea variabilă a marcajului serveşte, pe de o parte, la începutul măsurătorii la aducerea în coincidenţă a unui indice de timp cu impulsul emis, iar pe de altă parte, după prinderea de către „lupă" a impulsului reflectat, la măsurarea exactă, prin interpolare, a distanţei în timp între acest impuls şi cel mai apropiat indice de timp care îl precede.

4.2. *Schema de principiu* (fig. 7) a aparatului nu reclamă, în ceea ce priveşte sincronizatorul (T_3) şi circuitul de întîrziere fixă a emiţătorului (monostabilul cu cuplaj catodic T_2) nici o informaţie suplimentară. Oscilaţiile de înaltă frecvenţă amortizate, care se aplică cuarţului emiţător se obţin prin excitarea cu un tiratron (T_1) a circuitului acordat reprezentat de inductantele L_1-L_4 şi capacitatea parazită de ieşire a emiţătorului. Tiratronul este normal tăiat prin negativarea aplicată grilei şi se aprinde prin acţionarea ei de către impulsul pozitiv derivat de la monostabilul T_2. Amplitudinea oscilaţiilor amortizate obţinute este minimă la 4 MHz (aprox. 500 V vîrf la vîrf) şi creşte la frecvenţe mai joase.

4.2.1. Receptorul constituie partea fundamentală a aparatului. Întrucît caracteristicile sale sînt definitorii pentru calităţile de ansamblu ale defectoscopului, condiţiile ce se impun sînt foarte severe. Menţionăm, dintre ele, următoarele :

— să transmită uniform banda cuprinsă între frecvenţele minimă şi maximă generate de emiţător, în cazul nostru banda între 500 kHz şi 4 MHz;

— să realizeze, în această bandă, o amplificare mare, de ordinul 110 db, cu stabilitate bună;

— să admită şocul puternic determinat de impulsul emis (cîteva sute de volţi) fără să intre în oscilaţie şi să se deblocheze rapid, la cel mult cîteva μs după încetarea lui pentru a fi apt să primească şi să amplifice normal semnalele reflectate.

Blocarea receptorului de către impulsul emis, se datorează, în principal, încărcării prin curenţi de grilă a condensatorilor de cuplaj între etaje, în cursul semialternanţelor pozitive. După încetarea impulsului, condensatorii de cuplaj se descarcă, producînd pe rezistenţa de grilă o cădere de tensiune cu polaritate negativă spre grilă, care tinde să blocheze amplificatorul. Pentru evitarea acestui fenomen sau micşorarea duratei lui, se pot urma două căi, fiecare realizabilă în mai multe moduri. Prima tinde să elimine procesul de încărcare a condensatorilor prin realizarea în circuitul de cuplaj anodă-grilă a unor constante de timp mari (eventual cuplaje parţiale de curent continuu); a doua, admite încărcarea condensatorilor de cuplaj dar caută să realizeze condiţii de descărcare rapidă a lor (de ex. prin înlocuirea rezistenţelor de grilă cu inductanţe şi realizarea în acest fel a unui amplificator cu etaje decalat acordate; prin conectarea în paralel cu rezistenţele de argilă a unor diode cu Ge, convenabil polarizate, care să asigure descărcarea rapidă prin rezistenţa lor directă mică la semnal mare etc.).

Receptorul defectoscopului ICET este construit pe una din variantele primei căi. Pentru simplificarea imaginii de impulsuri care apare pe tubul catodic, semnalele recepţionate sînt detectate înainte de aplicarea lor pe tub. În acest fel receptorul se împarte în două subunităţi : prima de amplificare în radiofrecvenţă (tuburile T_{12}, T_{13}, T_{14}, T_{15}) cu cîştig de aproximativ 65 db şi bandă 400 KHz—5 MHz şi a doua, de amplificare în videofrecvenţă (tuburile T_{16}, T_{17}, T_{18}) cu cîştig 45 db şi bandă 0—500 kHz separate de un circuit de detecţie (dioda D_1). Secţiunea a doua constituită de un amplificator de curent continuu, elimină, în cazul unor decuplări suficiente pe ecranele şi catodele tuburilor, orice cauză de blocare.

Secţiunea de radiofrecvenţă, după cum am amintit mai sus asigură continuitatea funcţionării receptorului prin realizarea unor constante de timp CR_{gc} (C fiind condensatorii de cuplaj şi R_{gc} rezistenţa de conducţie a spaţiului grilă-catod) mari în raport cu durata impulsului emis. La proiectarea ei am ţinut seama de următoarele considerente care se stabilesc în teoria amplificatorilor de impulsuri de dinamică largă [16]:

— suprasaltul fracţional, adică raportul între tensiunea de negativare pe grilă care apare în momentul încetării impulsului şi amplitudinea acestui impuls este mai mic, în condiţiile intrării în regim de curenţi de grilă, dacă rezistenţa de sarcină se pune după condensatorul de cuplaj decît dacă se pune, ca de obicei, înainte ;

— dacă în amplificator se intercalează un circuit de cuplaj cu constantă de timp $\tau \ll T$ ($T = CR_{cc}$ fiind constanta de timp a celorlalte circuite de cuplaj) suprasaltul fracțional raportat la intrare scade aproximativ în raportul $\frac{\tau}{T}$. În cazul nostru constanta de timp mică τ este reprezentată chiar de circuitul de detecție ($\tau = C_a R_a$).

În plus, întrucît nu este necesară o liniaritate excesivă în funcționarea amplificatorului, am ales punctul de funcționare al tuburilor T_{12}—T_{15} în apropierea cotului caracteristicilor, pentru a realiza, la semnale mari, o limitare rapidă pe placă a curentului maxim prin tub, evitînd astfel descărcarea puternică a condensatorilor de cuplaj.

4.2.2. Baza de timp cuprinde într-un ansamblu funcțional unitar atît circuitul de întîrziere liniară (tuburile T_{19}, T_{20}, T_{21}) cît și baza de timp propriu-zisă (tuburile T_{22}, T_{23}, T_{24}, T_{25}). Ambele subunități au fost construite pentru o bună liniaritate, pornind de la același circuit fundamental : fantastronul cu cuplaj pe grila ecran (T_{20} respectiv T_{23}). Se știe [15] că un asemenea circuit, cînd este declanșat cu un impuls negativ scurt aplicat de placă sau pe grilă, generează pe placă un impuls liniar descrescător, limitat ca amplitudine între cele 2 nivele de tensiune fixate prin diodele adiacente plăcii și avînd o pantă $\frac{\mathrm{d}U_a}{\mathrm{d}t} = \frac{E_a}{R_g C}$ unde E_a reprezintă tensiunea la care este conectată grila prin rezistența R_g, iar C, condensatorul de cuplaj între placă și grilă. În cazul nostru, pentru accelerarea revenirii fantastronului în situația inițială după terminarea cursei utile, cuplarea prin condensator a plăcii la grilă nu se face direct ci prin intermediul unui repetor catodic (T_{21} respectiv T_{24}). Simultan cu impulsul negativ de pe placă se obține pe ecran un impuls pozitiv de aceeași durată.

Prin variarea cu potențiometrul P_1 a nivelului superior de fixare, durata impulsurilor generate de fantastronul circuitului de întîrziere (T_{20}) se poate varia liniar cu poziția cursorului.

Frontul *posterior* al impulsului de durată variabilă din ecranul tubului T_{20} este folosit, după o diferențiere prealabilă, la declanșarea (întîrziabilă în acest mod), a fantastronului bazei de timp (T_{23}). Tensiunea liniar descrescătoare de pe placa tubului T_{23} este inversată ca fază de tubul T_{25} conectat ca antirepetor anodic. Cele două tensiuni liniare simetrice se aplică plăcilor orizontale ale tubului catodic. Impulsul pozitiv pentru aprinderea spotului se obține de pe ecranul fantastronului T_{23}.

4.2.3. Marcatorul cuprinde un circuit sanatron (T_{26}, T_{27}, T_{28}) pentru realizarea întîrzierii dublu reglabile a indicilor de timp, un oscilator (T_{31}) comandat de impulsurile realizate de bistabilul (T_{29}, T_{30}), un limitator (T_{32}, T_{33}) pentru obținerea din semnale sinusoidale a unor fronturi abrupte, un circuit de diferențiere ($C_d R_d$) și unul de ștergere a impulsurilor pozitive (D_4), și, în sfîrșit, un repetor catodic (T_{34}) ca transformator de impedanță, pentru asigurarea transmiterii pînă pe placa tubului catodic a fronturilor bune implicate în semnalele de marcare a timpului.

Oscilațiile generatoare ale indicilor de timp sînt cuprinse pentru fiecare ciclu de funcționare a aparatului în limitele unei semiperioade de basculare a bistabilului (T_{29}, T_{30}). Întîrzierea lor în raport cu momentul general de sincronizare se realizează prin declanșarea bistabilului de către frontul *posterior* al impulsului de durată reglabilă generat de sanatron.

Am ales pentru realizarea întîrzierii indicilor de timp circuitul sanatron [15] deoarece permite obținerea unei tensiuni cu liniaritate bună (abatere $< 0{,}5$ %) chiar la duratele scurte impuse de distanța mică între indicii cei mai apropiați (2 μs). Dintre variantele posibile ale sanatronului am ales-o pe cea mai simplă, caracterizată prin conectarea în paralel a grilelor tuburilor T_{27} și T_{28}. Lucrul este posibil dacă se aleg pentru T_{28}, cu ajutorul tensiunii de ecran astfel de condiții încît la tensiunea de grilă (aproape de tăiere) ce rezultă pe tubul T_{27}, în cursul perioadei utile, curentul anodic în tubul T_{28} să fie tăiat.

Reglarea duratei impulsurilor (liniar căzător pe placa lui T_{27} și dreptunghiular pozitiv pe placa lui T_{28}) generate de sanatron se face, ca la circuitul fantastron prin varierea cu P_3 și P_2 a potențialelor, inferior respectiv superior, de fixare a plăcii lui T_{27}.

Pentru măsurarea intervalului de timp între un impuls reflectat și impulsul emis, se pune cursorul potențiometrului P_2 („interpolare") în poziția inferioară („O") și se variază cu P_3 *potențialul de fixare inferior* pînă se aduce în coincidență pe ecranul tubului catodic un indice de timp cu frontul anterior al impulsului emis. Se numără indicii de timp pînă la cel care precede impulsul reflectat (în cazul folosirii „lupei" se numără indicii de timp care în cursul „parcurgerii" piesei ies succesiv prin stînga din limitele ecranului tubului catodic) și se adaugă fracțiunea de interval de timp ce se citește pe scara gradată a potențiometrului „interpolare" (P_2), după ce, prin rotirea cursorului său, deci varierea *potențialului de fixare superior* a fost realizată coincidența între impulsul reflectat și indicele de timp precedent. În prealabil interpolarea se etalonează prin rezistența variabilă R_2 astfel încît unei rotiri complete a cursorului potențiometrului de interpolare să îi corespundă o deplasare a imaginii indicilor de timp egală cu distanța între 2 indici. Stabilirea corectă a intervalelor de marcare a timpului de 2, 10 și 50 μs se realizează reglînd cu ajutorul fero-

carturilor bobinelor de acord frecvenţa oscilatorului comandat în impulsuri T_{31}. Reglarea se face cu ajutorul unei bare etalon de Al a cărei lungime corespunde unui timp de parcurgere dus-întors a ultrasunetelor de 50 μs.

Date fiind liniaritatea interpolării şi precizia realizabilă în etalonarea oscilatorului, se pot măsura, pe eşantioane cu dimensiuni mai mari de 10 cm, vitezele de propagare ale ultrasunetelor şi deci constantele elastice cu eroare mai mică de 2%.

4.2.4. Blocul de alimentare al aparatului cuprinde 4 redresori:

— un redresor pentru tensiune nestabilizată de 500 V şi stabilizată de 300 V;
— un redresor pentru tensiune nestabilizată de 300 V;
— un redresor pentru tensiune negativă stabilizată de 105 V;
— un redresor de înaltă tensiune (4kV) pentru alimentarea tubului catodic (tensiune de postaccelerare + 2 kV).

4.3. *Capul de probă* (fig. 5) conţine traductorul piezoelectric (cristal de cuarţ tăiat X, cilindric, cu diametru 20 mm), care transformă energia electrică a emiţătorului în energie ultrasonoră şi invers, energia ultrasonoră recepţionată în semnal electric. Cristalul trebuie să lucreze puternic amortizat din punct de vedere mecanic, deoarece, în caz contrar se prelungesc oscilaţiile libere ale lui, deci durata impulsului ultrasonor şi timpul în care receptorul este blocat sau lucrează cu sensibilitate redusă. Amortizarea se realizează cu ajutorul unei mase absorbante de impedanţă acustică apropiată de cea a cuarţului (fier carbonil într-un

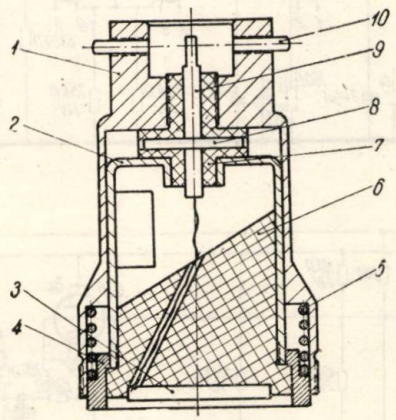


Fig. 5. Cap de probă normal:
1 — cilindru exterior; *2* — cilindru interior; *3* — cristal de cuarţ; *4* — inel de protecţie; *5* — resort; *6* — amortizor; *7* — disc izolant; *8* — nit; *9* — conector; *10* — ştift.

liant de epoxyl, pulbere de mică, grafit sau bisulfit de molibden în araldită, sau, ca în cazul nostru, ebonită) legată solidar cu cristalul. Faţa superioară a masei amortizoare este tăiată oblic în raport cu suprafaţa cuarţului pentru a evita producerea pe ea a unui impuls reflectat net. Capul de probă este filetat în exterior astfel încît să poată fi adaptat la o prismă pentru transmiterea oblică a ultrasunetelor.

5. Aplicaţii ale defectoscopului cu ultrasunete

Defectoscopul cu ultrasunete poate fi folosit la încercarea unei piese oriunde ea prezintă o suprafaţă plană şi netedă de 10—20 mm² pe care să se poată aplica cristalul capului de probă.

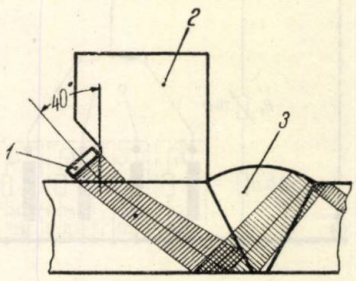


Fig. 6. Verificarea sudurilor sub incidenţă oblică:
1 — cristal de cuarţ; *2* — prismă de transmisie; *3* — sudură.

Pentru suprafeţe curbe sau rugoase este necesară construirea unor monturi speciale.

Defectoscopia cu ultrasunete se recomandă în deosebi pentru examinarea unor piese mari de formă nu prea complicată, care pot fi explorate în întreg volumul lor prin încercare la un singur capăt. Piesele mici sau de formă complicată reclamă capete de probă speciale, iar pentru interpretarea rezultatelor este necesară cunoaşterea imaginii ce se obţine pentru o piesă fără defecte.

Încercările de materiale cu ajutorul defectoscopului cu ultrasunete pot fi împărţite în trei categorii:

1. Încercarea materialelor în formă neprelucrată (ex. piese turnate pentru a constata dacă nu au goluri, sau piese forjate, pentru a verifica dacă nu au fisuri).

2. Încercarea unor piese sau agregate sosite în fabrică sub formă de semifabricate sau gata fabricate în altă parte, înainte de a le introduce în producţie.

3. Încercarea construcţiilor sau maşinilor gata asamblate, fie imediat după asamblare, fie periodic în timpul funcţionării, pentru a constata defectele care apar datorită oboselii materialelor.

Din numeroasele aplicaţii ale defectoscopiei ultrasonore enumerăm cîteva cazuri specifice:

a) verificarea osiilor vagoanelor şi locomotivelor de cale ferată, a osiilor tractoarelor etc.;

b) controlul arborilor lungi de mare diametru ai rotoarelor generatorilor sau turbinelor cu abur; controlul arborilor cotiţi ai motoarelor cu ardere internă şi în special ai motoarelor Diesel puternice;

c) descoperirea fisurilor intercristaline ce apar la cazanele cu abur nituite, fisuri ce nu pot

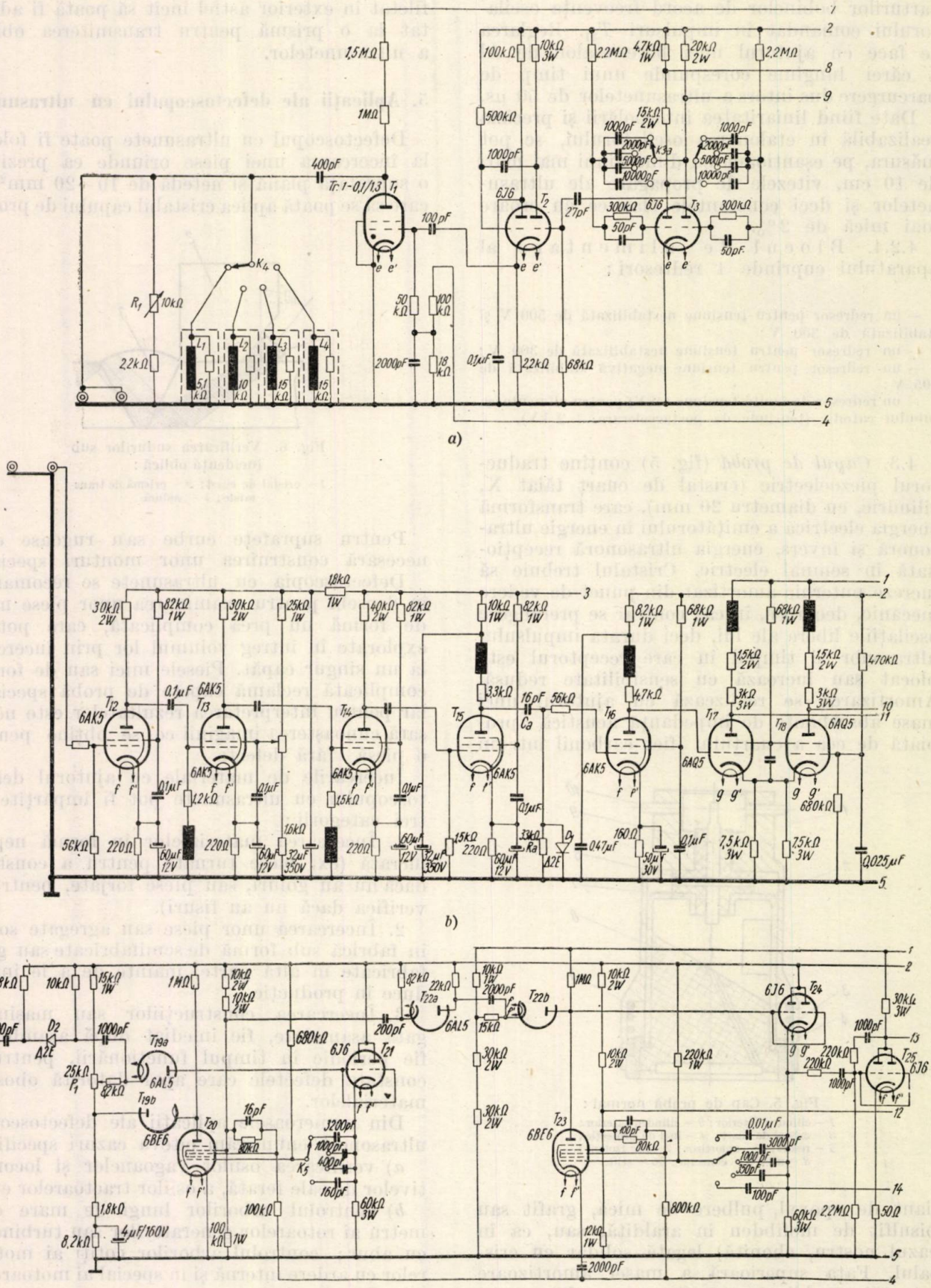
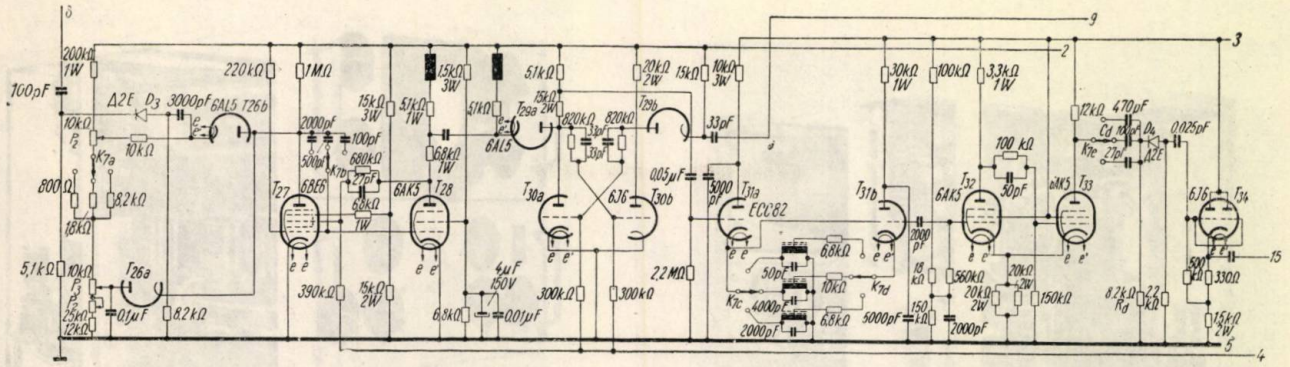
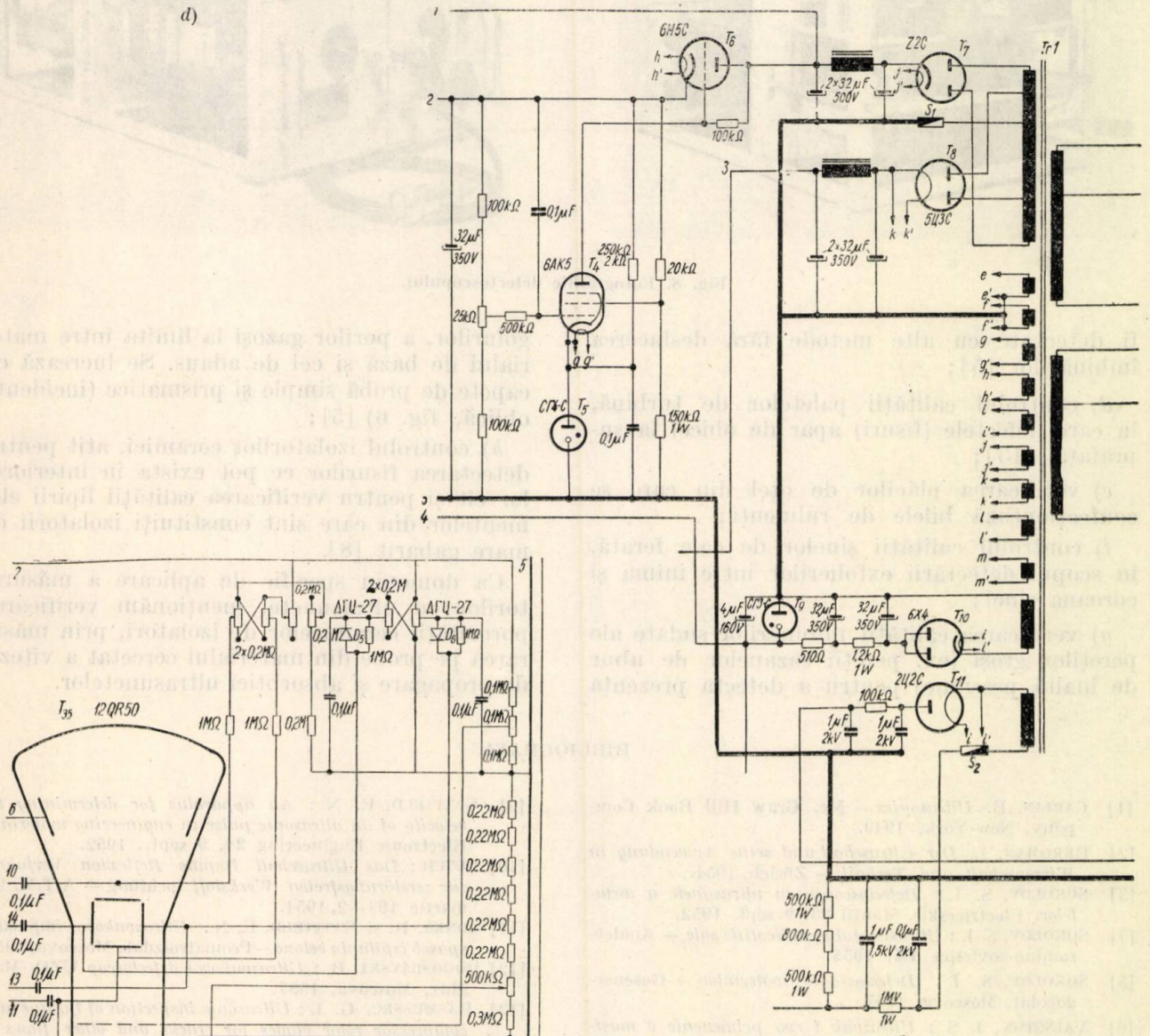


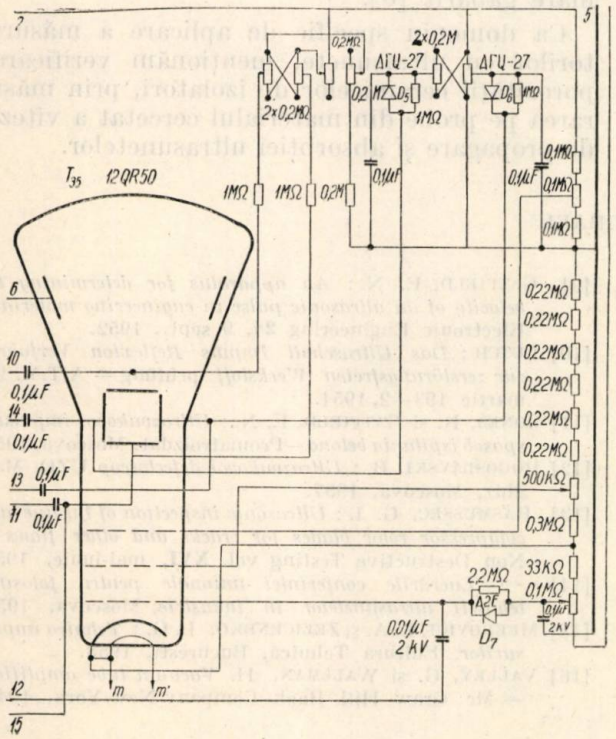
Fig. 7. Schema de principiu a defectoscopului :
a – emițătorul ; *b* – receptorul ; *c* – baza de timp



d)



f)



e)

Fig. 7. Schema de principiu a defectoscopului : *d* — marcatorul; *e* — tubul catodic indicativ; *f* — alimentarea.

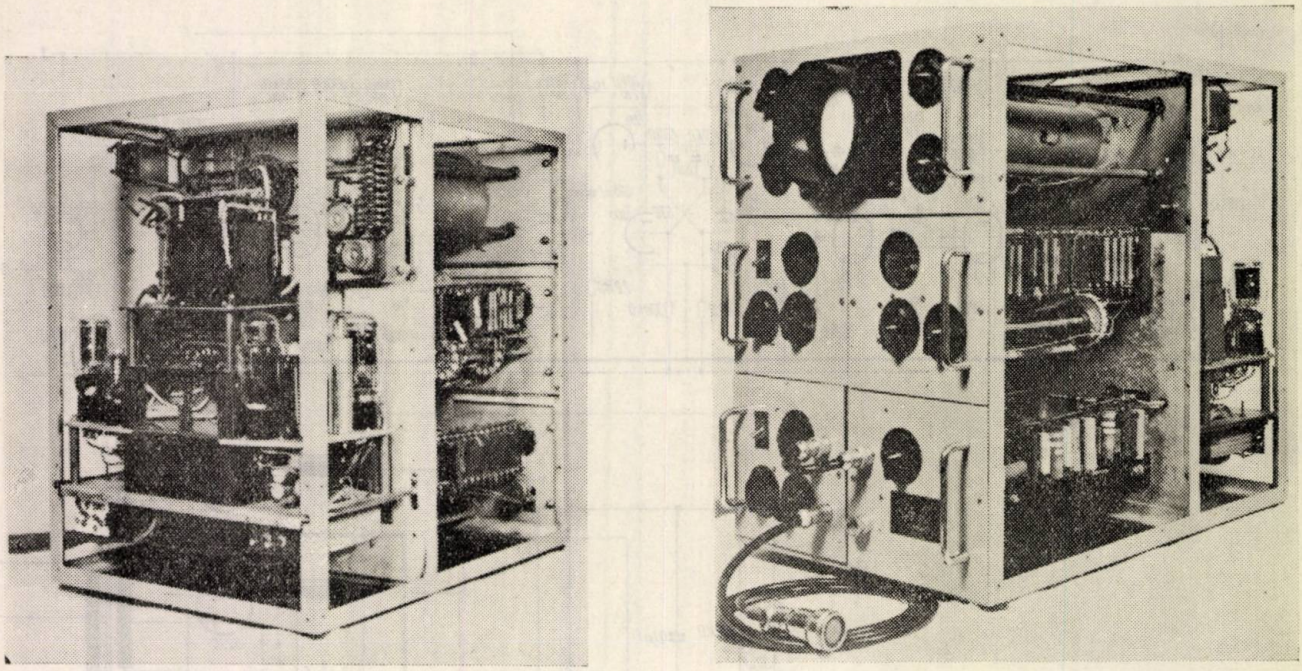


Fig. 8. Fotografiile defectoscopului.

fi detectate cu alte metode fără desfacerea îmbinărilor [5];

d) controlul calităţii paletelor de turbină, în care defectele (fisuri) apar de obicei la suprafaţă [13];

e) verificarea plăcilor de oţel din care se confecţionează bilele de rulmenţi;

f) controlul calităţii şinelor de cale ferată, în scopul detectării exfolierilor între inima şi coroana şinei;

g) verificarea calităţii îmbinărilor sudate ale pereţilor groşi (ex. pereţii cazanelor de abur de înaltă presiune) pentru a detecta prezenţa golurilor, a porilor gazoşi la limita între materialul de bază şi cel de adaus. Se lucrează cu capete de probă simple şi prismatice (incidenţă oblică, fig. 6) [5];

h) controlul izolatorilor ceramici, atît pentru detectarea fisurilor ce pot exista în interiorul lor cît şi pentru verificarea calităţii lipirii elementelor din care sînt constituiţi izolatorii de mare gabarit [8].

Ca domeniu specific de aplicare a măsurătorilor cu ultrasunete, menţionăm verificarea porozităţii ceramicelor de izolatori, prin măsurarea pe probe din materialul cercetat a vitezei de propagare şi absorbţiei ultrasunetelor.

BIBLIOGRAFIE

[1] CARLIN, B. *Ultrasonics* — Mc. Graw Hill Book Company, New-York, 1949.

[2] BERGMAN, L. *Der Ultraschall und seine Anwendung in Wissenschaft und Technik* — Zürich, 1954.

[3] SOKOLOV, S. I.: *Defectoscopia cu ultrasunete a metalelor*. Electriceskie Stanţii **23**, 9 sept. 1952.

[4] SOKOLOV, S. I.: *Ultrasunetul şi aplicaţiile sale* — Analele romîno-sovietice **IX**, 1955.

[5] SOKOLOV, S. I.: *Defectoscopia materialov* — Gosenergoizdat, Moscova, 1957.

[6] VAINŞTOK, I. S.: *Ultrazvuk i evo primenenie v maşinostroenii*. Maşghiz, Moscova, 1958.

[7] BABIKOV, O. I.: *Ultrazvuk i evo primenenie v promîşlenosti*. Gosudarstvenoe izdatelstvo fizico matimaticescoi literaturî, Moscova, 1958.

[8] SCEPETOV, V. N.: *Ultrazvukovoi spasob opredelenie defectov v krupkogabaritnih izolatorah* — Electricestvo, 12 decembrie, 1954.

[9] GATFIELD, E. N.: *An apparatus for determining the velocity of an ultrasonic pulse in engineering materials*, Electronic Engineering **24**, 9 sept., 1952.

[10] LUTCH: *Das Ultraschall Impuls Reflexion Verfahren zur zerstörungsfreien Werkstoff* prüfüng — A.T.M. 91, martie 193—2, 1954.

[11] JONES, R. şi GATFIELD, E. N.: *Ultrazvukovoi impulsnii spasob ispitania betona* — Promatroizdat, Moscova, 1957.

[12] BOGOSLAVSKI, B.: *Ultrazvukovoi defectoscop* UZD. Maşghiz, Moscova, 1957.

[13] RASMUSSEC, G. I.: *Ultrasonic inspection of turbine and compressor rotor blades for cracks and other flaws* — Non Destructive Testing vol. **XVI**, mai-iunie, 1958.

[14] · · · *Lucrările conferinţei unionale pentru folosirea tehnicii ultrasunetelor în industrie*, Moscova, 1957.

[15] MEEROVICI, L. A. şi ZELICENEKO, L. G.: *Tehnica impulsurilor*. Editura Tehnică, Bucureşti, 1958.

[16] VALLEY, G. şi WALLMAN, H. *Vacuum tube amplifiers* — Mc Graw Hill Book Company New-York, 1948.

HARRY HERŞCOVICI, ALEXANDRU PRANIŢCHI, LEON SCHÄCHTER *

Convertizoare de curent continuu cu tranzistoare

CZ 621.314.5.024 : 621.314.7

Una din aplicaţiile specifice ale tranzistoarelor o formează convertizoarele de curent continuu. Pornind de la tensiuni continue joase-acumulatoare, elemente uscate, se obţin tensiuni înalte, necesare alimentării circuitelor cu tuburi la aparate portabile, a detectoarelor de ionizare etc.

I. Principiul de funcţionare

1. *Circuitul mono-tranzistor*

Schema de principiu a unui astfel de circuit este arătată în fig. 1.

Funcţionarea schemei este aceeaşi ca a unui oscilator cu blocare, cuplat cu sarcina

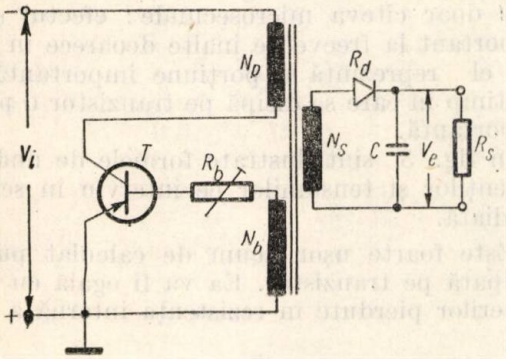


Fig. 1. Schemă de principiu.

prin transformator. În perioada de conducţie a tranzistorului, energia se acumulează în fluxul magnetic, iar în perioada de blocare ea este cedată circuitului de ieşire (R_s).

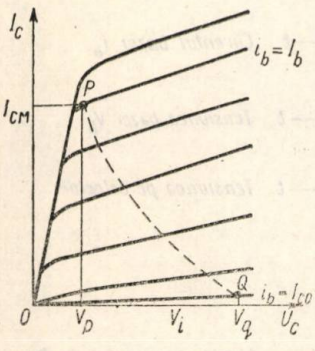


Fig. 2. Caracteristicile tip ale unui tranzistor.

Funcţionarea se poate explica folosind caracteristicile curent de colector I_c, tensiune de colector U_c ale unui tranzistor tip (fig. 2).

Propunem iniţial punctul de funcţionare în 0. În momentul conectării la sursă, un curent crescător se stabileşte prin înfăşurarea primară N_p a transformatorului şi circuitului colectorului. Dacă presupunem că în acest timp atît rezistenţa internă a colectorului r_c cît şi rezistenţa R_p a înfăşurării N_p sînt foarte mici şi că transformatorul lucrează fără scăpări de flux, ecuaţia curentului din circuit

$$L_p \frac{di}{dt} + (r_c + R_p) \cdot i = V_i \qquad (1)$$

devine, neglijînd căderea de tensiune $(r_c + R_p) \cdot i$

$$L_p \frac{di}{dt} = V_i \qquad (2)$$

de unde:

$$i = \frac{V_i}{L_p} \cdot t \qquad (3)$$

în care am notat L_p — inductanţa înfăşurării N_p.

Din ecuaţia (3) se vede că curentul în circuit creşte liniar în timp pornind de la valoarea zero (în realitate doar foarte apropiată de zero). În tot acest timp pe înfăşurarea N_p se va găsi aproape toată tensiunea de alimentare V_i. În înfăşurarea bazei N_b se va induce o tensiune

$$V_b = \frac{N_b}{N_p} \cdot V_i \qquad (4)$$

Presupunînd o rezistenţă internă a bazei constantă (ceea ce are loc în practică), în circuitul bazei se va stabili un curent:

$$I_b = \frac{V_b}{R_b + r_b} \qquad (5)$$

unde r_b este rezistenţa internă a bazei.

Curentul colectorului creşte conform ecuaţiei (3) pînă ce punctul de funcţionare ajunge în cotul caracteristicii corespunzătoare curentului bazei $i_b = I_b$ rezultant din ecuaţia (5) (punctul P în fig. 2). În acest moment rezistenţa r_c, dintr-o valoare total neglijabilă devine importantă, curentul colectorului creşte mai puţin, ceea ce provoacă o scădere a valorilor induse V_b respectiv I_b fapt care aduce după sine o scădere a curentului i_c. Fenomenul este cumulativ astfel că într-un timp foarte scurt curentul colectorului i_c scade la o valoare limită $i_b = I_{c0}$ şi tranzistorul se blochează.

În tot acest timp în fluxul magnetic s-a acumulat o energie egală cu $\frac{1}{2} L_p I_{CM}^2$ unde I_{CM} este valoarea maximă a curentului colectorului (corespunzătoare punctului P-fig. 2), valoare care există în circuit în momentul producerii blocării. La întreruperea circuitului

* Ing. H. HERŞCOVICI este şef de laborator şi ing. A. PRANIŢCHI este cercetător la Institutul de Cercetări Electrotehnice. Ing. L. SCHÄCHTER este inginer în secţie la Institutul de Fizică Atomică al Academiei R.P.R.

(blocarea tranzistorului) această energie produce o tensiune cu semn schimbat pe înfăşurare N_p care face ca tensiunea corespunzătoare punctului P să nu cadă la o valoare V_i (fig. 2), ci la V_q. Totodată însă, tensiunea inversă apare şi în secundar şi creşte pînă ce depăşeşte valoarea V_e stabilită la bornele condensatorului C dintr-o funcţionare anterioară. În acest moment apare un curent prin redresorul R_d care opreşte tensiunea pe secundar la valoarea $V_e + V_{Rd}$ unde V_{Rd} este căderea de tensiune pe redresor şi care consumă energia acumulată în fluxul magnetic.

Neglijînd V_{Rd}, ecuaţia circuitului secundar este

$$- L \frac{di}{dt} = V_e \tag{6}$$

şi cum valoarea la t_0 a curentului secundar este $I_{CM} \cdot \frac{N_p}{N_s}$ (cu unele aproximaţii), rezolvarea ecuaţiei (6) conduce la:

$$i_s = \frac{N_p}{N_s} \cdot I_{CM} - \frac{V_e}{L_s} \cdot t \tag{7}$$

Cînd curentul i_s devine zero, dispar tensiunile inverse de pe N_b unde, în mod firesc apăruse o tensiune pozitivă care menţinuse tranzistorul blocat şi, în consecinţă, şi de pe înfăşurările N_p şi, N_s. În acest moment curentul I_c tinde să se stabilească în circuit, şi datorită inductanţei L_p (fapt ilustrat de ecuaţiile (1), (3)) valoarea sa porneşte din nou de la zero şi ciclul este reluat de la capăt.

După cum am arătat, în timpul perioadei de blocare tensiunea pe colector are o valoare $V_q > V_i$, valoare limitată de tensiunea V_e (cînd tensiunea în secundarul transformatorului atinge valoarea V_e, energia acumulată se consumă, deci creşterea de tensiune încetează). Această tensiune V_q are evident valoarea

$$V_q = V_i + \frac{N_p}{N_s} \cdot V_e \tag{8}$$

Mărimile V_q şi I_{c0} determină complet poziţia în care se deplasează punctul de funcţionare al tranzistorului în tot timpul perioadei de blocare (fig. 2, punctul Q).

Timpul de menţinere a tranzistorului în stare de funcţionare t_f sau de blocare t_b, mărimi foarte importante în diversele calcule ce vor urma, rezultă din ecuaţiile (3) respectiv (7), pentru ultima ţinînd seama că, neglijînd scăpările, $\frac{L_p}{L_s} = \left(\frac{N_p}{N_s}\right)^2$:

$$t_f = L_p \cdot \frac{I_{CM}}{V_i} \tag{9}$$

$$t_b = L_p \cdot \frac{I_{CM}}{V_e} \cdot \frac{N_s}{N_p} \tag{10}$$

Foarte uşor se deduce de aici (făcînd înlocuirile respective)

$$\frac{t_f}{T} = \frac{V_q - V_i}{V_q} \tag{11}$$

$$\frac{t_b}{T} = \frac{V_i}{V_q} \tag{12}$$

unde T este perioada de oscilaţie a fenomenului.

La acestea mai trebuie adăugată valoarea t_t denumită timp de transfer sau de comutare, care arată că, în perioada de blocare, punctul P nu trece în Q instantaneu ci într-un timp bine determinat (în special de calităţile tranzistorilor). Acest timp t_t e important deoarece în această perioadă coincid valorile maxime ale curentului colectorului (scăzînd de la I_{CM}) cu valoarea importantă V_q a tensiunii de pe colector. Curentul din timpul t_t, datorit efectului acumulării de goluri al tranzistorului, ţine doar cîteva microsecunde: efectul său e important la frecvenţe înalte deoarece în acest caz el reprezintă o porţiune importantă din T, timp în care se disipă pe tranzistor o putere importantă.

În fig. 3 sînt ilustrate formele de undă ale curenţilor şi tensiunilor ce intervin în schema studiată.

Este foarte uşor acum de calculat puterea disipată pe tranzistor. Ea va fi egală cu suma puterilor pierdute în rezistenţa internă a tranzistorului atît în timpul perioadei de conducţie cît şi în timpul blocării şi a puterii pierdute în perioada de transfer. De asemenea se adaugă

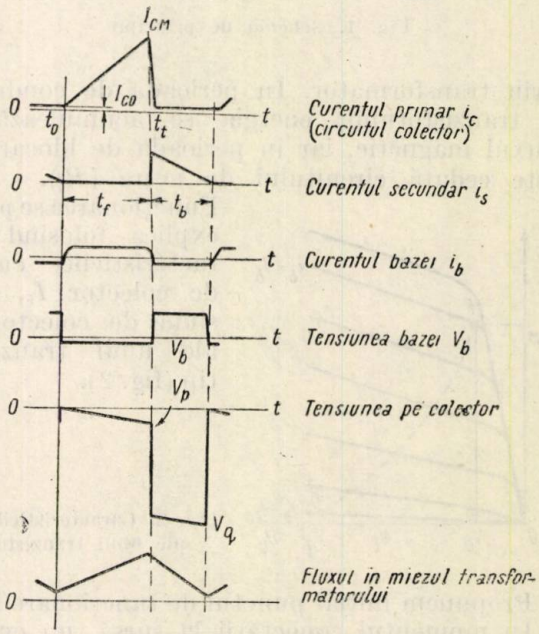


Fig. 3. Forma de undă a curenţilor şi tensiunilor.

şi puterea disipată în circuitul bază-emiter P_{be}.

$$P_d = \frac{V_p \cdot I_{CM}}{3} \cdot \frac{t_f}{T} + V_q \cdot I_{c0} \cdot \frac{t_b}{T} + \frac{V_q \cdot I_{CM}}{2} \cdot \frac{t_t}{T} + P_{be} \qquad (13)$$

Calculul tensiunii de ieşire V_e se face pornind de la egalitatea între puterea cedată în fiecare perioadă $\frac{1}{2} L_p I_{CM}^2$ şi puterea disponibilă la ieşire V_e^2/R_s (neglijînd pierderile)

$$\frac{V_e^2}{R_s} = \frac{1}{2} f \cdot I_p \cdot I_{CM}^2 \qquad (14)$$

unde f este frecvenţa de oscilaţie.

Tensiunea V_e poate fi determinată şi pe altă cale.

Astfel, dacă P_i este puterea absorbită de la intrare, $P_e = \eta P_i$ unde η este randamentul convertizorului. De aici

$$P_e = \eta V_i I_i = \frac{V_e^2}{R_s} = \eta V_i \frac{I_{CM}}{2} \cdot \frac{t_f}{T} \qquad (15)$$

curentul I_i fiind aproximativ egal cu valoarea medie pe întreaga perioadă a curentului colectorului din timpul t_f. Se constată de aici că P_e e proporţional cu I_{CM}, deci poate fi reglat cu rezistenţa R_b. De asemenea se observă că la valori V_i foarte mici vor fi necesari tranzistori care să admită un I_{CM} apreciabil.

Randamentul circuitului studiat se obţine obişnuit între 60—80%.

2. *Circuitul push-pull*

Un astfel de circuit foloseşte două tranzistoare de acelaşi tip care funcţionează în contratimp (fig. 4). Acest circuit se caracterizează printr-un randament mai bun, o mai bună utilizare a transformatorului şi, în cazul lucrului cu tensiuni V_i mici, la necesitatea unor tranzistori cu I_{CM} mai mic, deci o mai bună utili-

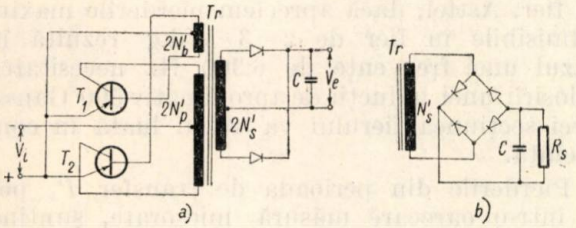


Fig. 4. Schemă de principiu a convertizorului push-pull.

zare a lor. De asemenea, frecvenţa pulsaţiilor fiind dublă, capacitatea C poate fi luată de valoare mai mică.

Pornirea oscilaţiilor se bazează pe inevitabila nesimetrie a celor două tranzistoare. Aceasta face ca printr-unul curentul să crească ceva mai repede, fapt care induce în circuitul de reacţie (N_b') o tensiune de o astfel de polaritate, încît produce o scădere a curentului celui de al doilea tranzistor. Fenomenul e cumulativ şi pînă la sfîrşit unul din tranzistori se blochează. De aici înainte funcţionarea e identică cu cea descrisă pentru cazul de la cap. I-1. Cînd punctul de funcţionare al tranzistorului ajunge în P (fig. 2) şi tranzistorul se blochează, tensiunea de inducţie care apare în acel moment şi care după cum s-a văzut are sens schimbat, duce la baza tranzistorului blocat o tensiune negativă, deschizîndu-l. Din acest moment funcţionarea circuitului e comutată pe cel de al doilea tranzistor. Blocarea şi respectiv deschiderea fiecărui tranzistor, datorită fenomenului descris, ajută şi grăbeşte deschiderea şi blocarea celuilalt. Datorită acestui fapt, pierderile tranzitorii (în timpul t_t) vor fi micşorate. Totodată, din lipsa necesităţii unui întrefier în circuitul transformatorului, gabaritul acestuia va fi mai mic (se poate lucra cu inducţii mai mari). Din motive ce se vor vedea ulterior, numărul de spire poate fi micşorat astfel că, final, toate acestea vor face ca randamentul circuitului în push-pull să crească la 80—95%.

Formele de undă ale tensiunilor şi curenţilor sînt arătate în fig. 5. Desigur, pentru acest circuit $t_f = t_b$

Se deduce că $\frac{t_f}{T} = \frac{t_b}{T} = 0{,}5$ deci $V_q = 2V_i$

De asemenea:

$$P_e' = \eta' V_i I_i = \frac{V_e^2}{R_s} = \frac{1}{2} \eta' V_i I_{CM}$$

Făcînd un calcul comparativ între circuitul monotranzistor şi circuitul push-pull se poate vedea că raportul

$$\frac{P_e'}{P_e} = \frac{0{,}5\ \eta'\ V_i\ I_{CM}}{0{,}5\ \eta\ V_i\ I_{CM}\ \frac{t_f}{T}}$$

pentru cazul $\eta' = 0{,}85$, $\eta = 0{,}75$ şi $\frac{t_f}{T} = 0{,}5 - 0{,}7$ are valoarea $\frac{P_e'}{P_e} \cong 2{,}3$ respectiv 1,62 unde cu P_e şi η s-au notat valorile corespunzătoare circuitului monotranzistor.

Raportul $\frac{t_f}{T} = 0{,}7$ corespunde la $V_q \cong 3V_i$; în acest caz se observă că circuitul push-pull dă posibilitatea unei scăderi a lui I_{CM} cu cca. 60% faţă de valoarea necesară circuitului monotranzistor pentru obţinerea aceleiaşi puteri de ieşire. E de remarcat însă, că la lucrul cu tensiuni V_i mici (2—4 V), se poate ajunge, în cazul circuitului mono-tranzistor, la $\frac{t_f}{T} = 0{,}9$, deoarece V_q poate lua valori de zeci de volţi (valoarea sa e limitată de tensiunea maximă admisibilă

colector-emiter V_q și care poate atinge 25—40 V). Într-o astfel de situație raportul puterilor și deci al curenților nu mai variază decît cu cca. 25%.

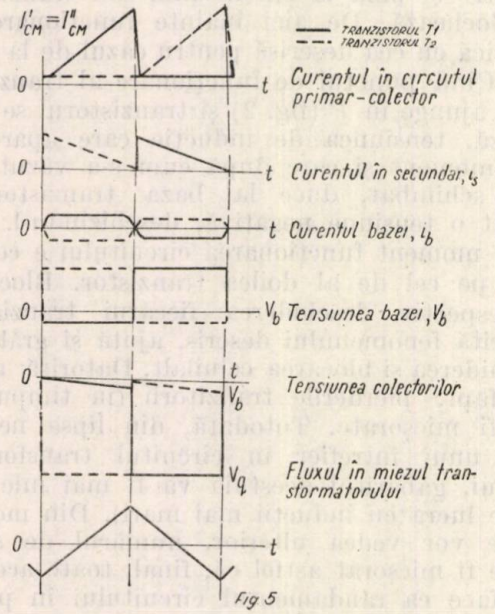


Fig. 5. Forma de undă a curenților și tensiunilor în cazul circuitului push-pull.

II. Elemente de proiectare

Frecvența de lucru a convertizorului e unul din cei mai importanți parametri ai circuitului. De valoarea ei depinde în mare măsură randamentul, aceasta datorită faptului că pierderile de putere în circuit variază diferit cu frecvența.

În fig. 6 sînt arătate variațiile diferitelor pierderi cu frecvența.

Pierderile de transfer cresc cu frecvența din cauza valorii fixe t_t (cîteva μs.) Pierderile în cupru scad cu frecvența deoarece o frecvență mare necesită o inductanță L_p mică, fapt ce se deduce făcînd suma $f=\frac{1}{T}=\frac{1}{t_t+t_b}$ din relațiile (9) și (10). Inductanța mică însemnînd număr mic de spire reprezintă o rezistență de pierderi în cupru mică. Pierderile în miez (pierderi histerezis și Foucault) cresc cu frecvența conform graficului din fig. 7.

Curba rezultantă a acestor pierderi prezintă un minim la o frecvență f_0. În cazul necesității unui randament optim, lucrul la f_0 e cel mai indicat. Atunci cînd interesează însă puterea de ieșire maximă pentru un tranzistor dat, se poate lua frecvența de lucru $f<f_0$, iar în cazul cînd important este în primul rînd gabaritul (micșorarea transformatorului și a condensatorului de filtraj) se poate lua $f>f_0$.

Pierderile de transfer reprezintă cca. 20—25% din totalul pierderilor circuitului, ceea ce înseamnă, în cazul unui randament de 70%, cca. 8—10% din puterea utilă P_e.

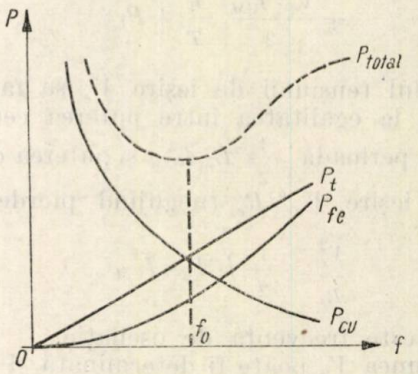


Fig. 6. Caracteristicile pierderilor de putere funcție de frecvență.

Din relațiile:

$$P_t=\frac{1}{2}V_q I_{CM}\frac{t_t}{T} \quad \text{și} \quad P_e=\eta V_i\frac{I_{CM}}{2}\cdot\frac{t_f}{T}$$

împreună cu $\frac{t_b}{T}=\frac{V_i}{V_q}$ se obține

$$\frac{P_t}{P_e}=\frac{1}{\eta}\frac{t_t}{1-\frac{t_f}{T}}\cdot\frac{1}{\frac{t_f}{T}}\cdot f \qquad (17)$$

care pentru cazul $\eta=0{,}6$ $t_t\cong 2$ μs și $\frac{t_f}{T}=0{,}7$ duce la:

$$\frac{P_t}{P_e}=1{,}585\cdot 10^{-5}\cdot f$$

Impunînd condiția ca $P_t\leqslant 0{,}1\ P_e$ se obține $f\leqslant 6\,300$ Hz.

Graficul din fig. 7 arată însă că o frecvență de lucru ridicată poate fi folosită numai în cazul unor inducții foarte mici, căci altminteri ar rezulta o valoare prea mare a pierderilor în fier. Astfel, dacă apreciem pierderile maxim admisibile în fier de 2—3 W/kg rezultă în cazul unei frecvențe de 6 300 Hz necesitatea folosirii unei inducții de aproximativ 500 Gauss, deci secțiunea fierului va trebui luată în consecință.

Pierderile din perioada de transfer P_t pot fi într-o oarecare măsură micșorate, șuntînd rezistența din circuitul bazei R_b cu o capacitate.

În calculele puterilor pierdute în circuit va trebui să se facă o rezervă în ceea ce privește o seamă de pierderi independente de frecvență sau necalculabile ca, de pildă, pierderile cauzate de curenții inverși ai redresorului și ai tranzistorului, pierderile în încărcarea și

descărcarea capacităților parazite etc. Aceste pierderi pot însuma în cazul convertizorilor foarte mici cca. 25—30% din puterea totală pierdută.

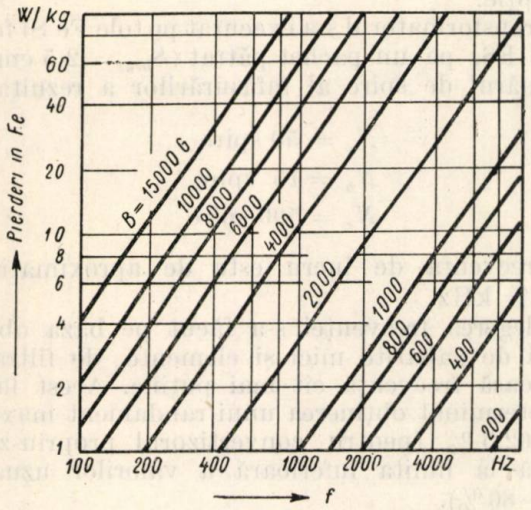


Fig. 7. Pierderile în funcție de frecvență și inducție.

Pentru a calcula transformatorul se pornește de la relațiile (9), (15), (11) și se obține

$$L_p = \frac{1}{f} \cdot \frac{\eta \cdot V_1^2}{2P_e} \cdot \frac{(V_q - V_i)^2}{V_q^2}. \qquad (18)$$

Cunoscînd inductanța necesară, secțiunea miezului și numărul de spire în primar se calculează după metodele obișnuite în proiectarea transformatoarelor de joasă frecvență [5].

Odată stabilit miezul și înfășurarea primară, se poate trece la determinarea numărului de spire ale înfășurării bazei N_b.

Anume, cunoscînd (din rel. 14 sau 15) valoarea I_{CM} necesară se deduce din caracteristicile tranzistorului succesiv valoarea i_b necesară și apoi tensiunea V_b. Aceasta se raportează acum la tensiunea efectivă de la bornele înfășurării N_p (V_i din care se scade căderea de tensiune $I_{CM}(R_p + R_i + r_c)$ unde R_i este rezistența internă a acumulatorului) și se obține :

$$\frac{N_b}{N_p} = \frac{V_b}{V_i - I_{CM}(R_p + R_i + r_c)} \qquad (20)$$

(Valoarea $I_{CM} \cdot r_c$ se deduce din caracteristicile $i_c = f(V_c)$ ale tranzistorului).

În ceea ce privește numărul de spire al înfășurării secundare acesta nu depinde de numărul de spire al înfășurării primare și nu are nici-o influență asupra funcționării circuitului, deci el poate fi luat la dorință în funcție de tensiunea de ieșire. Totuși, o limită există și aici, anume că în timpul blocării tranzistorului, la apariția tensiunilor inverse pe colector și bază, să nu se ajungă între colector și bază la o tensiune care să depășească valoarea admisibilă V_c maxim.

Observînd fig. 1 se deduce că

$$V_{CB} = V_i + \frac{N_p}{N_s}\left(1 + \frac{N_b}{N_p}\right) V_{SM}$$

unde V_{SM} este valoarea maximă a tensiunii în secundar, egală cu $V_{SM} = V_e + V_{Rd}$

de aici

$$\frac{N_s}{N_p} \geqslant \frac{(V_e + V_{Rd})\left(1 + \frac{N_b}{N_p}\right)}{V_{CB\,max} - V_i} \qquad (21)$$

Cu privire la N_s sînt de făcut unele observații :

a) Din relația (10) se observă că t_b crește cu N_s, deci t_f scade și în consecință, pentru aceeași putere, trebuie mărit I_{CM}.

b) Tensiunea inversă pe redresor $V_e + \frac{N_s}{N_p} V_i$ crește cu N_s.

Tensiunea inversă maximă la bornele redresorului va fi :

$$V_{inv} = V_e + \frac{N_s}{N_p} \cdot V_i \qquad (22)$$

Cei mai indicați sînt redresorii cu diode cu siliciu sau germaniu deoarece au o mică rezistență în sens direct și una foarte mare în sens invers, fapt care duce la obținerea unui randament bun.

Valoarea capacității de ieșire se calculează după relația

$$C_e = \frac{20\,000\,A}{R_f} \cdot \frac{50}{f} \qquad (23)$$

unde R_f — rezistența redresorului + rezistența înfășurării.

$$A = \frac{\pi I_e R_f}{V_e},$$

unde I_e — curentul de ieșire.

În cazul utilizării capacității C_e din (23) amplitudinea pulsațiilor va fi cam 10% din V_e. Mărimea capacității peste această valoare micșorează corespunzător valoarea pulsațiilor.

Rezistența din circuitul bazei folosește pentru punerea la punct a schemei, în scopul obținerii puterii P_d dorită ; aceasta deoarece caracteristicile tranzistorilor diferă de la un exemplar la altul.

Valoarea rezistenței R_b se calculează după :

$$R_b = \frac{\alpha'_{max}\left(V'_b - V_{b\,min}\right)}{I_{CM}} \qquad (24)$$

unde :

α'_{max} — coeficientul de amplificare al curentului în schema cu emiterul la masă, maxim pentru tipul de tranzistor folosit ;

V'_b — tensiunea ce apare la bornele înfășurării bazei, dedusă din relația (4) ;

$V_{b\,min}$ — valoarea minimă a tensiunii bazei care produce curentul I_{CM} pentru tipul de tranzistor folosit.

III. Realizarea practică a unui alimentator pentru radioreceptoriila baterie

În fig. 8 este arătată schema unui convertizor destinat alimentării anodice a aparatelor de radio la baterii.

Față cu cele descrise anterior schema convertizorului este completată cu un filtru de

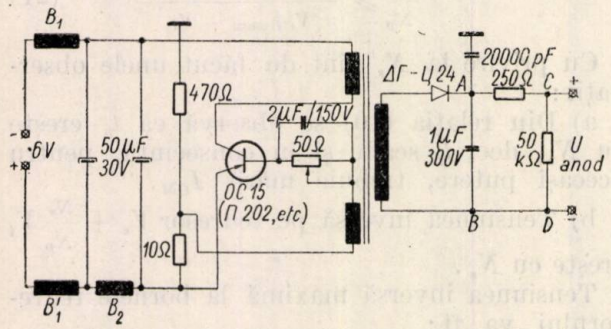


Fig. 8. Schemă de principiu a alimentatorului pentru radioreceptori, realizat de autori.

joasă frecvență în circuitul de ieșire și cu unul de înaltă frecvență în circuitul de intrare.

Alimentarea se face de la un acumulator de 6 V. Tensiunea, curentul de ieșire și randamentul de funcționare sînt arătate în graficul din fig. 9. S-au trasat două perechi de carac-

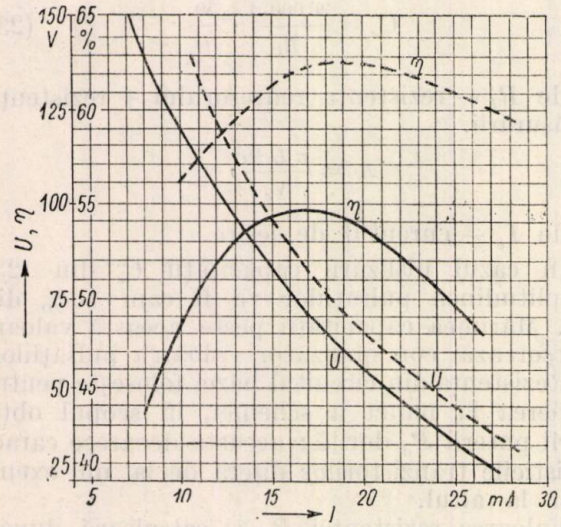


Fig. 9. Caracteristicile de ieșire ale alimentatorului pentru radioreceptori.

teristici $U = f(I_s)$ și $\eta = f(I_s)$ pentru convertizorul propriu-zis și pentru alimentator în întregime. În ultimul caz tensiunea și randamentul scad datorită pierderilor în rezistența filtrului de joasă frecvență (250 ohmi). Folosirea unui filtru cu bobină de șoc ridică performanțele alimentatorului foarte aproape de valoarea performanțelor convertizorului propriu-zis; în schimb reprezintă un preț de cost mai ridicat.

Filtrul de înaltă frecvență realizat din bobinele B_1, B'_1, B_2 atenuează armonicile de înaltă frecvență generate de convertizor, evitînd fluierături parazite în aparatul de radiorecepție.

Transformatorul s-a executat pe tole Fe Si format E8, pe un pachet pătrat (S_{brut} =2,5 cm²). Numărul de spire al înfășurărilor a rezultat:

$$N_p = 50 \text{ spire}$$
$$N_b = 15 \text{ spire}$$
$$N_s = 500 \text{ spire}$$

Frecvența de lucru este de aproximativ: $f = 7$ kHz

Alegerea frecvenței s-a făcut pe baza obținerii de gabarite mici și elemente de filtrare în joasă frecvență cît mai puține. Acest fapt a determinat obținerea unui randament maxim de 62,5 % (pentru convertizorul propriu-zis) adică la limita inferioară a valorilor uzuale (60—80 %).

Gabaritul întregului alimentator a rezultat 95 × 85 × 80 mm.

IV. Stabilizarea tensiunii de ieșire a alimentatorului

Pentru a micșora dependența între tensiunea de ieșire a alimentatorului și curentul în sarcină, se folosesc scheme cu reacție negativă.

În schema din fig. 10, reacția negativă este obținută cu ajutorul unei înfășurări separate N_d, bobinată în același sens cu înfășurarea N_p. La depășirea unei anumite valori a tensiunii din secundar și deci și a unei anumite valori în înfășurarea N_d — dioda D_0 începe să conducă, limitînd creșterea tensiunii în secundar.

Tensiunea la care dioda D_0 începe să conducă, depinde de numărul de spire N_d. Aceasta se alege în așa fel încît chiar în regim de funcționare normală prin dioda D_0 să treacă un

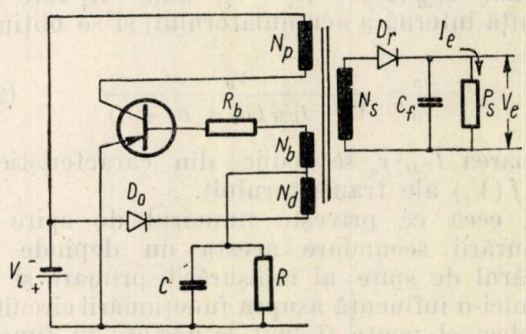


Fig. 10. Schemă de principiu a unui convertizor cu stabilizare.

curent. Cu cît domeniul de stabilizare trebuie să fie mai larg, cu atît acest curent trebuie să fie mai mare.

Avantajele acestei scheme sînt simplitatea și ieftinătatea sa. Schema are însă dezavantajul că coeficientul de stabilizare este mic și

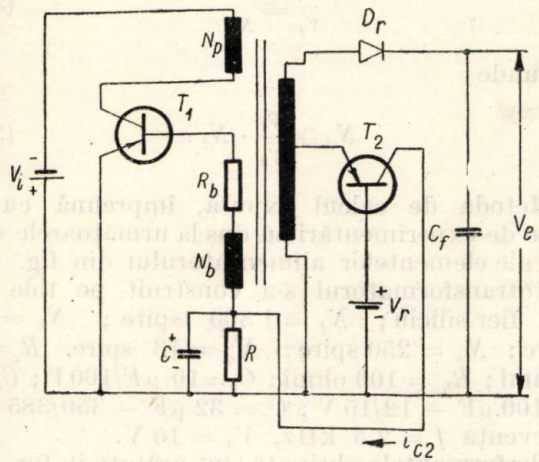


Fig. 11. Schemă de convertizor cu stabilizare.

că nu stabilizează tensiunea de ieșire în cazul variației tensiunii de alimentare V_i, deoarece aceasta servește chiar ca tensiune de referință pentru dioda D_0.

În schema din fig. 11, reacția negativă se va da la o priză din secundarul alimentatorului. Circuitul de reacție alcătuit din tranzistorul T_2, bateria de referință V_r și din circuitul CR începe să lucreze atunci cînd tensiunea pe emiterul tranzistorului T_2 depășește tensiunea de referință V_r. Curentul colector ic_2 creează, încărcînd condensatorul C, o polarizare pozitivă pe baza tranzistorului T_1, ceea ce îi micșorează curentul de colector și deci se limitează tensiunea de ieșire a alimentatorului.

Stabilizarea suficient de bună și schema relativ simplă a acestei variante o fac să fie

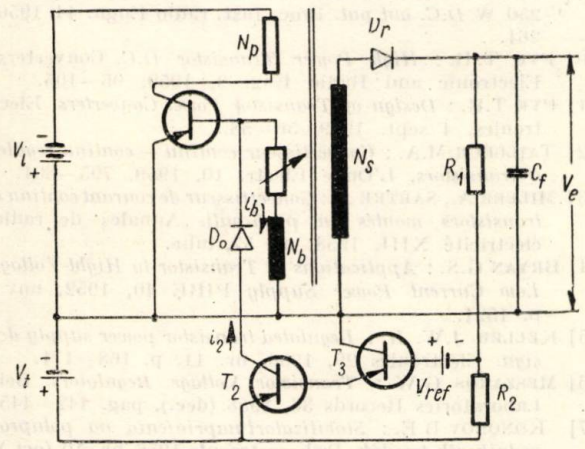


Fig. 12. Schemă de convertizor cu stabilizare.

larg utilizată. Trebuie remarcat că, și în acest caz bateria de referință se încarcă cu curentul slab de bază al tranzistorului T_2.

O schemă mai complicată este cea din fig. 12, care utilizează două tranzistoare T_2 și T_3 ca amplificator de curent. La intrarea amplificatorului se aplică o parte din tensiunea de ieșire prin divizorul R_1 R_2. Dacă tensiunea de ieșire depășește valoarea $V_{ref} \frac{R_1 + R_2}{R_2}$, curentul i_2 care trece prin tranzistorul T_2 va da pe rezistența R_b o polarizare pozitivă bazei tranzistorului T_1. Această reacție duce la micșorarea tensiunii de ieșire.

Deși performanțele primelor două scheme sînt ceva mai slabe, ele se utilizează însă mult mai mult în practică datorită simplității lor.

V. Realizarea practică a unui alimentator stabilizat

Pentru alimentarea unui montaj portabil cu tub electronic care necesită 120 V și 4 mA a fost folosit un convertizor în schemă cu autotransformator și circuit de stabilizare a tensiunii de ieșire cu diodă (fig. 13).

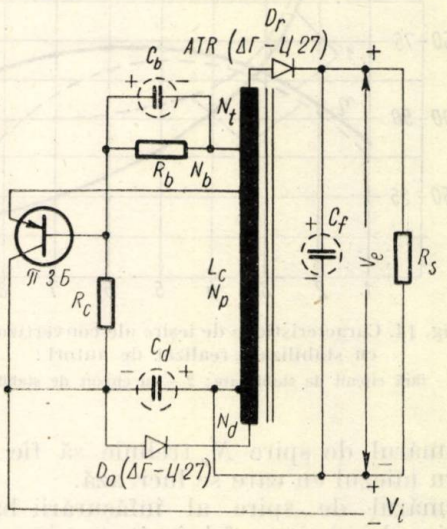


Fig. 13. Schemă de principiu a convertizorului cu stabilizare, realizat de autori.

Schema lucrează asemănător cu cea înfățișată în fig. 1. Pentru stabilizarea tensiunii de ieșire a alimentatorului se întrebuințează dioda D_0. În cazul unei depășiri a tensiunii de ieșire, crește tensiunea indusă, în înfășurarea N_d ceea ce face ca dioda D_0 să conducă. Introducerea acestui circuit nu produce o scădere prea mare a randamentului alimentatorului, deoarece curentul ce trece prin D_0 reîncarcă bateria.

Inductanța înfășurării N_p a fost calculată avînd în vedere relația aproximativă.

$$\frac{L_p I_{CM}^2}{2} = \frac{V_e I_e}{\eta} T \qquad (25)$$

adică egalitatea între energia cedată la ieșire, (unde T e perioada de oscilație) și energia acumulată în fluxul energetic.

Ținînd seama că:

$$\frac{V_c I_{CM}}{2} t_f = \frac{V_c I_e}{\eta} T, \tag{26}$$

din aceste două relații se pot calcula atît

$$I_{CM} = \frac{2 V_c I_e}{V_c} \frac{T}{t_f}, \tag{27}$$

cît și

$$L_c = t_f \frac{V_c}{I_{CM}} \tag{28}$$

unde V_c este tensiunea dintre colectorul și emiterul tranzistorului și este egală cu $V_c = V_i - V_{c0}$, unde V_{c0} e căderea de tensiune pe tranzistor, cînd acesta e complet deschis.

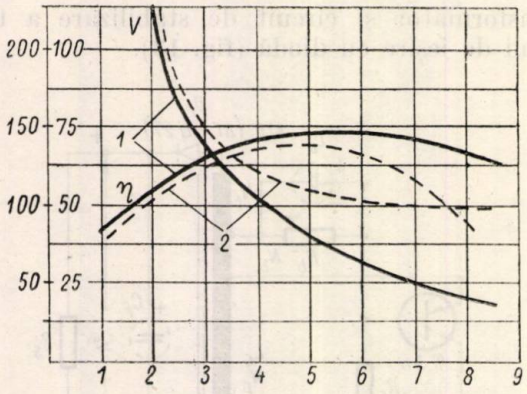


Fig. 14. Caracteristicile de ieșire ale convertizorului cu stabilizare, realizat de autori:
1 – fără circuit de stabilizare; *2* – cu circuit de stabilizare.

Numărul de spire N_p trebuie să fie calculat pentru miezul cu care se lucrează.

Numărul de spire al înfășurării bazei, N_b trebuie ales în așa fel încît tensiunea ce se dezvoltă pe ea să fie suficientă pentru a aduce tranzistorul la saturație (rel. 20).

Practic $N_b = (0{,}1 \div 0{,}2)\ N_p$.

În montajul cu autotransformator tensiunea de ieșire se obține de pe toate înfășurările înseriate; notînd suma celor trei înfășurări $N_p + N_b + N_t = N_a$,

$$\frac{N_a}{N_p} = \frac{t_b}{t_f} \frac{V_e + V_{Rd}}{V_c} \tag{29}$$

unde V_{Rd} e căderea de tensiune pe dioda redresoare $(1 \div 2)$ V. De aici se poate calcula numărul de spire N_t.

Pentru calculul înfășurării N_d, se pornește de la relația

$$\frac{V_e}{V_i} \cong \frac{N_t}{N_d} \tag{30}$$

de unde

$$N_d \cong \frac{V_i}{V_e} \cdot N_t. \tag{31}$$

Metoda de calcul expusă, împreună cu o serie de experimentări au dus la următoarele valori ale elementelor alimentatorului din fig. 13. Autotransformatorul s-a construit pe tole E 6,4 fier-siliciu; $N_t = 1\,300$ spire; $N_b = 25$ spire; $N_p = 250$ spire; $N_d = 13$ spire. $R_c = 5$ k ohmi; $R_b = 100$ ohmi; $C_b = 10\ \mu F/160\ V$; $C_d = 100\ \mu F - 12/15$ V; $C_f = 32\ \mu F - 350/385$ V; frecvența $f = 2{,}5$ kHz, $V_i = 10$ V.

Performanțele obținute sînt arătate în fig. 14.

BIBLIOGRAFIE

[1] LIGHT L.H., HOOKER P.M.: *Transistor D.C. Converter.* Proc. Inst. electr. Engns. nr.6 (nov. 1955) pag. 775.
[2] LIGHT L.H.: *Transistor power supplies.* Wireless World, dec. 1955, pag. 582.
[3] SCHMIDT P.L.: *Voltage Conversion with Transistor Switches.* Bell Laboratories Record, febr. 1958, pag. 60.
[4] GARIONOV N.: *Preabrazovateli napriajenia na polluprovodnicovih triodah.* Radio nr.7/1958, pag. 51.
[5] TOSCONO P.M., HEFFNER J.B.: *CRT Power Supply uses transistor oscilator.* Electronics, sept. 1956, pag. 162.
[6] MÜHLER P.: *Transverter als Anodenspannungsquelle fur Kombiniert Röhren* Transistorempfanger. Radio und Fernsehen nr. 18/1956, pag. 559.
[7] *Der Transistor Gleichspannungswandler.* Österreichische Rundschau, aprilie 1956, pag. 45.
[8] BUTLER F.: *Transistor Invertors and Rectifier Filter Units.* Electronic Eng. 7, 1959, 412–418.
[9] VEHRIN G.C.: *Transistor Power Converter capable of* 250 W *D.C. out put.* Proc. Inst. radio Engn. 44, 1956, 261.
[10] PYE T.R.: *High Power Transistor D.C.* Converters. Electronic and Radio Eng. 3, 1959, 96–105.
[11] PYE T.R.: *Design of Transistor Power Converters.* Electronics, 4 sept. 1959, 56–58.
[12] TAILLEUR M.A.: *Convertisseur continu – continu regulé, a transistors.* L'Onde Electr. 10, 1959, 795–801.
[13] MILLER A., SARTRE J.: *Convertisseur de courant continu à transistors montés en push-pull.* Annales de radio électricité XIII, 1958, nr. 57, iulie.
[14] BRYAN G.S.: *Applications of Transistor to Hight-Voltage Low Current Power Supply* PIRE 40, 1952, nov., p. 1521.
[15] KELLER J.W. Jr.: *Regulated transistor power supply design.* Electronics 29, 1956, nr. 11, p. 168–171.
[16] MESZAROS G.W.: *Transistor Voltage Regulators.* Bell Laboratories Records 36, 1958 (dec.), pag. 442–445.
[17] KONONOV B.E.: *Stabilizatorî napriajenia na poluprovodnikovih triodah.* Priborostroenîe 1956, nr. 10 (oct.), pag. 9.

MIHAI DRĂGĂNESCU*

Scheme echivalente pentru pompe de vid în vederea analogiei electrice a instalaţiilor de vid

CZ 621.52.001.57 : 53.072.13

Este cunoscută analogia electrică pentru conductele instalaţiilor de vid, a căror conductanţă la trecerea gazului evacuat — exprimată în litri pe secundă — îşi găseşte o analogie în conductanţa electrică [1], încît se aplică formulele

$$C = \Sigma C_i \tag{1}$$

$$\frac{1}{C} = \Sigma \frac{1}{C_i} \tag{2}$$

prima formulă fiind valabilă în cazul conductelor aşezate în paralel, iar a doua în cazul conductelor aşezate în serie.

În lucrarea de faţă se dezvoltă analogii electrice pentru pompe de vid — mecanice rotative şi de difuzie. Aceste analogii permit stabilirea unor circuite electrice echivalente ale instalaţiilor de vid, care nu numai că uşurează înţelegerea fenomenelor din aceste instalaţii, dar permit şi un calcul mai sistematic al instalaţiilor.

1. Ecuaţia de pompare şi analogia incintei de evacuat

Este cunoscut [1], [2] că ecuaţia de pompare a unei incinte se scrie sub forma

$$V \frac{dp}{dt} = I_i - pV'_e \tag{3}$$

unde V este volumul incintei de evacuat; p — presiunea din incintă; I_i — curentul de gaz de scăpări care pătrunde în incintă; V'_e — viteza volumetrică de evacuare a incintei; pV'_e — curentul de gaz extras din incintă.

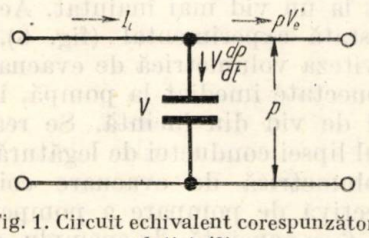


Fig. 1. Circuit echivalent corespunzător relaţiei (3).

Relaţia (3) sugerează structura unui circuit echivalent, ca cel schiţat în fig. 1, unde incinta este reprezentată printr-un condensator care se încarcă cu curentul I_i, dar se descarcă cu curentul pV'_e.

Atunci, se constată că se poate stabili următoarea analogie:

presiune (tor) ——> tensiune electrică
curent de gaz (tor litru/secundă) ——> curent electric
cantitate de gaz (tor litru) ——> sarcină electrică
volum (litru) ——> capacitate electrică
conductanţă (litru/secundă) ——> conductanţă electrică.

2. Generatoare echivalente pentru curentul de scăpări

Curentul de gaz de scăpări se poate datori unei degajări de gaz dintr-o piesă cuprinsă în incinta de vidat, plus un curent de scăpări din afară. Primul curent poate fi considerat ca generat de un generator de curent I_1 (fig. 2) şi poate varia după o anumită lege, în funcţie de timp şi chiar de presiunea incintei

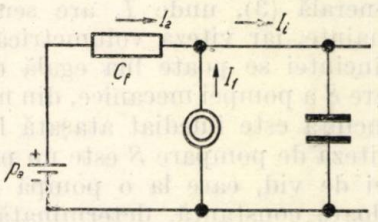


Fig. 2. Schemă echivalentă pentru determinarea curentului de scăpări I_i.

$$I_1 = I_1(p, t). \tag{4}$$

Al doilea curent, datorit eventual unei fisuri fine, se datoreşte diferenţei de presiune dintre exteriorul incintei (p_a) şi presiunea din incintă (p) şi va depinde de conductanţa echivalentă a fisurii (C_f). În fig. 2 presiunea exterioară p_a este echivalentă cu tensiunea unei baterii p_a, care debitează curentul

$$I_2 = (p_a - p)\, C_f. \tag{5}$$

Curentul total de scăpări este egal cu suma celor doi curenţi de mai sus:

$$I_i = I_1 + I_2. \tag{6}$$

3. Schemă echivalentă pentru pompa mecanică de vid

Întrucît interesează stabilirea schemei echivalente a unei pompe mecanice de vid, se consideră instalaţia din fig. 3, în care la pompă

* Ing. M. DRĂGĂNESCU, candidat în ştiinţe tehnice, este conferenţiar la catedra de tuburi electronice a Institutului Politehnic Bucureşti.

se conectează o incintă, printr-o conductă foarte scurtă, fără pierderi. Se vor neglija scăpările extreme ale incintei, cît şi scăpările interne din incintă. Totuşi, scăpări tot vor exista,

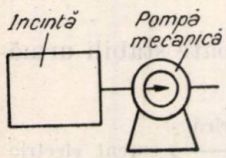


Fig. 3. Instalaţie de vid cu pompă mecanică rotativă cu ulei.

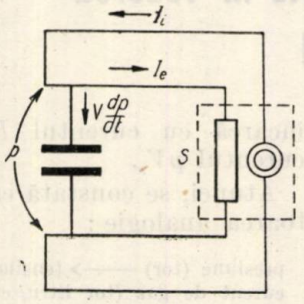


Fig. 4. Circuit electric echivalent pentru instalaţia din fig. 3.

datorită vaporilor de ulei din pompa mecanică care pătrund în incintă, proces inevitabil din momentul în care o pompă mecanică utilizează ulei, cît şi unei pătrunderi inverse de aer la contactul rotor-stator al pompei. În aceste condiţii ecuaţia de pompare va păstra forma generală (3), unde I_i are semnificaţia de mai înainte, iar viteza volumetrică de evacuare a incintei se poate lua egală cu viteza de pompare S a pompei mecanice, din momentul în care incinta este imediat ataşată la pompa de vid. Viteza de pompare S este un parametru al pompei de vid, care la o pompă mecanică are o valoare constantă, determinată de geometria şi viteza de rotaţie a pompei. Atunci ecuaţia de pompare se va scrie

$$V\frac{dp}{dt} = I_i - I_e \qquad (7)$$

unde

$$I_e = pS. \qquad (8)$$

Acestor ecuaţii le corespunde circuitul echivalent din fig. 4, unde I_i este un curent generat de uleiul pompei mecanice de vid, dar şi de scăpările inverse ale pompei, iar curentul I_e este determinat de „conductanţa" S. Acest circuit nu este însă de loc convenabil, pentru că nici un catalog de pompă mecanică de vid nu indică valoarea curentului I_i. Ceea ce se indică în schimb este vidul limită pe care-l poate realiza pompa şi care depinde, evident, de curentul de scăpări I_i, datorit pompei mecanice.

Deci în schema echivalentă trebuie să dispară I_i şi să apară vidul limită P_{lim}. Pentru aceasta, este necesar să se considere regimul staţionar în care caz $p = p_{lim}$, iar $-\frac{dp}{dp} = 0$. Atunci, din (7) rezultă

$$I_{i0} = I_{e0} \qquad (9)$$

unde indicele 0 se referă la regimul staţionar, sau ţinînd cont de (8) şi de faptul că I_i este constant[1],

$$I_i = I_{i0} = p_{lim}\, S. \qquad (10)$$

Astfel, se ajunge la următoarea formă a ecuaţiei de pompare:

$$V\frac{dp}{dt} = S\,(p - p_{lim}) \qquad (11)$$

Acestei ecuaţii îi corespunde circuitul echivalent din fig. 5, care va fi adoptat şi utilizat în paragrafele următoare. Acest circuit are avantajul unei mari simplităţi, redînd imediat fenomenul fizic din instalaţie. Într-adevăr, „condensatorul" V din fig. 5 se „descarcă" pe conductanţa S, pînă la „tensiunea" p_{lim}, ceea ce se întîmplă în realitate în instalaţie, unde presiunea coboară pînă la presiunea limită p_{lim}.

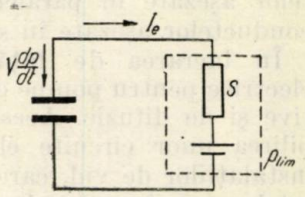


Fig. 5. Circuit electric echivalent, unde pompa mecanică este reprezentată prin conductanţa S în serie cu bateria p_{lim}.

4. Schemă echivalentă pentru pompa de difuzie

Întrucît schema echivalentă va trebui să cuprindă, ca şi la pompa mecanică, viteza de pompare, se vor expune în prealabil unele consideraţii aupra acestui parametru.

Viteza de pompare a unei pompe de difuzie nu poate fi apreciată la fel de uşor ca la o pompă mecanică de vid, unde într-o primă aproximaţie viteza de pompare se putea lua egală cu viteza geometrică de pompare.

După cum se ştie, pompa de difuzie nu începe să lucreze decît dacă s-a realizat un vid preliminar, încît este de aşteptat ca viteza de pompare să nu ajungă la valoarea nominală decît la un vid mai înaintat. Acest lucru se şi constată experimental (fig. 6), dacă se trasează viteza volumetrică de evacuare a unei incinte conectate imediat la pompă, în funcţie de gradul de vid din incintă. Se reaminteşte că în cazul lipsei conductei de legătură ($C = \infty$), viteza volumetrică de evacuare coincide cu viteza efectivă de pompare a pompei.

Din fig. 6 se constată, de exemplu, că pompa de difuzie începe să lucreze de la un vid de 10^{-1} mm Hg şi că nu ajunge la plină funcţionare decît aproape de 10^{-3} mm Hg. În acest regim viteza efectivă de pompare depinde de

[1] Curentul I_i prezintă importanţă numai la presiuni mici, în apropierea presiunii p_{lim}, de aceea el poate fi socotit constant.

presiunea din incintă. În practică, pentru punerea în funcțiune a pompei va trebui să se realizeze un vid preliminar mai înaintat de 10^{-1} mm Hg.

Din fig. 6 se mai constată că pentru o anumită plajă de presiuni, viteza efectivă de pom-

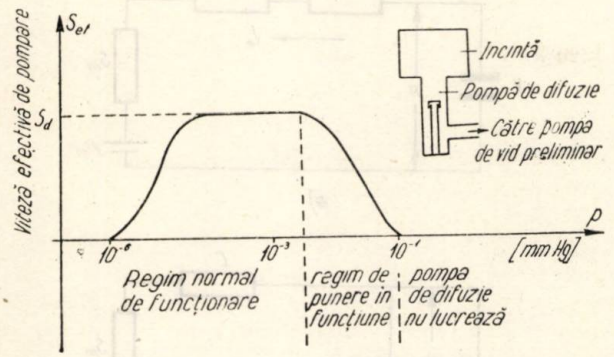


Fig. 6. Dependența vitezei efective de pompare a unei incinte, de presiunea din incintă.

pare rămîne practic constantă, nedepinzînd de presiune. Valoarea vitezei efective de pompare constante va fi luată drept viteză de pompare a pompei de difuzie, notată cu S_d. În cataloagele de pompe de vid, uneori se prezintă curba din fig. 6, dar de cele mai multe ori se indică viteza de pompare S_d, precizîndu-se presiunea la care aceasta este realizată.

În regim normal de lucru (fig. 6) se constată experimental că este valabilă o relație sub forma cunoscută și la pompele mecanice, și anume :

$$S_{ef} = S_d\left(1-\frac{pd}{p}\right) \qquad (12)$$

relație care explică căderea curbei S_d din fig. 6 spre presiuni mici. În cazul curbei din fig. 6, presiunea limită (p_d) este de 10^{-6} mm Hg.

În fig. 7 se prezintă schema instalației de vid cu pompă de difuzie, care în mod obli-

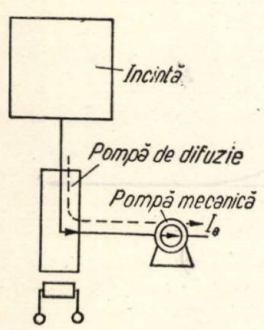


Fig. 7. Instalație de vid cu pompă de difuzie.

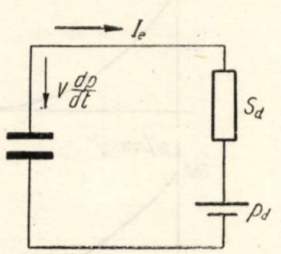


Fig. 8. Circuit echivalent pentru funcționarea pompei de difuzie în regiunea normală de lucru.

gator este cuplată la o pompă mecanică rotativă. Funcționarea instalației cuprinde două faze.

I. Evacuarea instalației (inclusiv pompa de difuzie) cu ajutorul pompei rotative, pînă la realizarea vidului limită al acesteia (p_m).

II. Punerea în funcțiune a pompei de difuzie — prin încălzirea uleiului motor — și evacuarea în continuare a incintei cu ajutorul pompei de difuzie, pînă la realizarea vidului limită p_d. În acest caz, moleculele evacuate din incintă de pompa de difuzie, sînt preluate de pompa mecanică și evacuate în atmosferă. Deci, curentul de gaz extras din incintă (I_e) trece prin întreaga instalație, respectiv prin ambele pompe de vid.

Funcționarea pompei de difuzie în regiunea normală de lucru, conform formulei (12), identică ca formă cu membrul doi al formulei (11) pentru pompe mecanice rotative, sugerează circuitul echivalent din fig. 8. Acest circuit este valabil pentru presiuni în incintă mai mici decît presiunea la care viteza de pompare atinge valoarea nominală S_d, adică numai în regiunea normală de lucru. Circuitul din fig. 8 nu este însă cu totul corespunzător, pentru că se referă numai la incintă, dar nu și la cuplajul pompei de difuzie cu pompa mecanică. Observînd însă că curentul I_e din

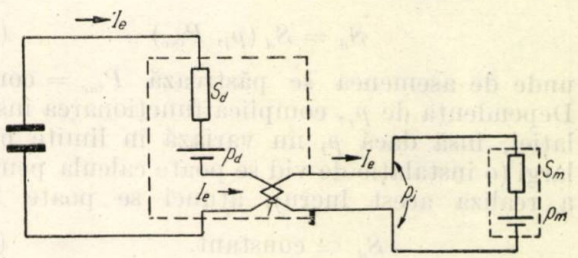


Fig. 9. Circuit echivalent pentru funcționarea cuplată a pompei de difuzie (în regim normal de lucru) cu pompa mecanică.

pompa de difuzie este preluat de pompa mecanică, se poate trece la circuitul echivalent din fig. 9, unde T reprezintă un transformator sui-generis de curent cu raport 1/1. Acest transformator va fi numit transportor, care constituie un element electric fictiv. Schema echivalentă a pompei de difuzie va trebui să cuprindă acest „transportor". Schema aceasta echivalentă permite să se calculeze presiunea p_j la conducta de evacuare a pompei de difuzie

$$p_j = \frac{I_e}{S_m} + p_m \qquad (13)$$

unde S_m este viteza de pompare a pompei mecanice, iar p_m vidul ei limită.

În regim permanent $I_e = 0$ și $p_j = p_m$, dar în regim tranzitor, în general $p_j = p_m$.

De fapt schema echivalentă a pompei de difuzie, încadrată punctat în fig. 9, trebuie completată pentru a cuprinde nu numai regimul normal de lucru, dar și regimul de punere în funcțiune a pompei de difuzie.

În fig. 10 se prezintă schema completă, incluzînd un comutator, care se conectează la borna A pentru regimul de punere în funcțiune și la borna B pentru regimul normal

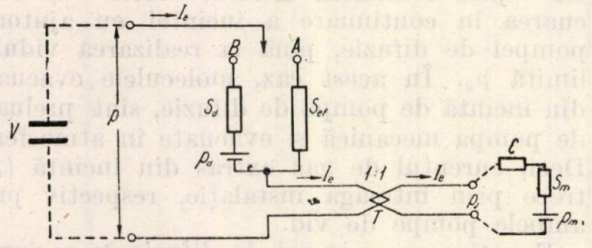


Fig. 10. Schema echivalentă completă a unei pompe de difuzie.

de lucru. În regimul de punere în funcțiune

$$S_{ef} = S_{ef}(p,\ p_j,\ P_{inc}) \qquad (14)$$

unde dependența vitezei echivalente de pompare de p, p_j și P_{inc} (puterea de încălzire a uleiului) poate fi cunoscută în urma unor determinări experimentale. În general însă puterea de încălzire a uleiului se menține constantă la valoarea indicată de datele tehnice ale pompei.

În regimul normal de lucru,

$$S_d = S_d(p_j,\ P_{inc}) \qquad (15)$$

unde de asemenea se păstrează $P_{inc} = \text{const.}$ Dependența de p_j, complică funcționarea instalației, însă dacă p_j nu variază în limite prea largi (o instalație de vid se poate calcula pentru a realiza acest lucru), atunci se poate lua

$$S_d \simeq \text{constant.} \qquad (16)$$

5. Exemplu de comportare a unei instalații de vid cu pompă de difuzie

Pentru exemplificare, se va considera o instalație de vid la care pompa de difuzie este conectată direct la incintă, dar între pompa de difuzie și pompa mecanică există o conductă lungă de conductanță C.

În prima etapă, cînd pompa de difuzie nu lucrează, este valabilă una din schemele echivalente din fig. 11. În cazul a, pompa de difuzie este înlocuită cu conductanța pe care o oferă curentului de gaz. Cazul b este valabil atunci cînd volumul pompei de difuzie este mare, comparabil cu al incintei, încît volumul total de evacuat va fi atunci $V + V_{dif}$, unde V_{dif} este volumul pompei de difuzie. De la caz la caz se va utiliza fie circuitul a, fie circuitul b.

În această etapă, de exemplu în cazul b, presiunea p va descreşte exponențial pînă la valoarea p_m, vidul limită al pompei mecanice (fig. 12). În același timp există egalitatea $p_j = p$. Curentul de gaz descreşte și el pînă la zero, cînd se atinge vidul limită p_m.

Să presupunem că vidul limită p_m este mai bun decît vidul minim necesar pentru ca pompa de difuzie să lucreze în regiunea normală. Atunci, în momentul punerii în funcțiune

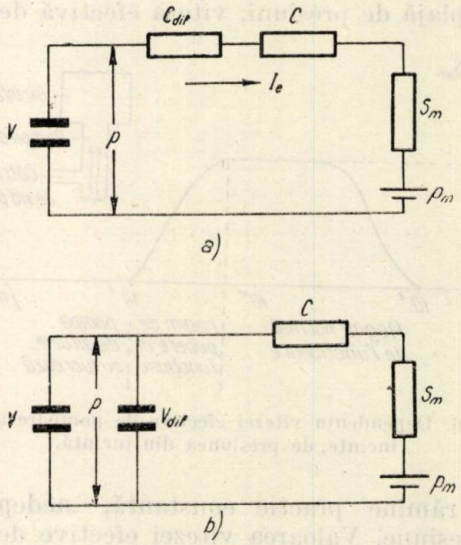


Fig. 11. Schema echivalentă în cazul în care pompa de difuzie nu lucrează:
a – volumul pompei de difuzie este mic în comparație cu volumul incintei; *b* – volumul pompei de difuzie este mare, comparabil cu al incintei.

a pompei de difuzie — prin încălzirea lichidului ei motor — devine valabilă schema din fig. 10, pe contactul B. În acest moment

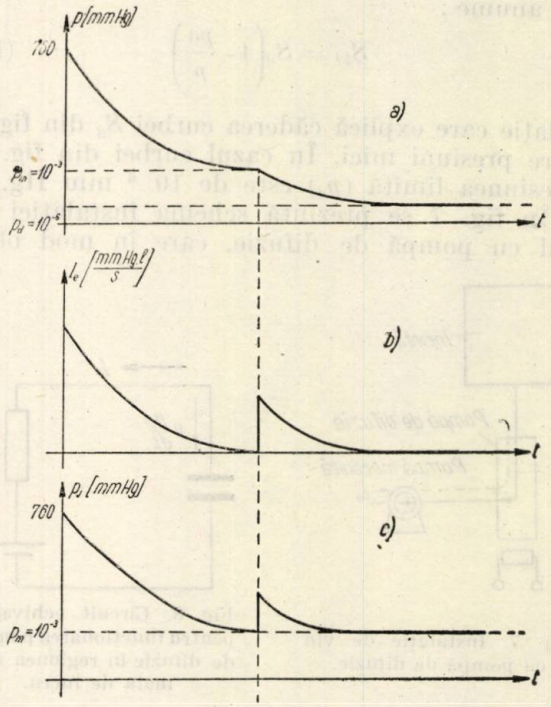


Fig. 12. Variația în timp a presiunii în incintă (p), a presiunii la conducta de evacuare a pompei de difuzie (p_j) și a curentului de gaz (I_e).

apare un curent de evacuare I_e din instalație

$$I_e = (p_m - p_d)\, S_d \tag{17}$$

încît în diagrama *b* din fig. 12 apare un salt de curent în momentul punerii în funcțiune a pompei de difuzie. Acest salt de curent face ca presiunea p_j să crească de la valoarea p_m la valoarea

$$p_j = p_m + \frac{C+S_m}{C\cdot S_m} I_e = p_m + \frac{C+S_m}{C\cdot S_m}(p_m - p_d)\, S_d. \tag{18}$$

Dacă p_j depășește vidul preliminar necesar funcționării pompei de difuzie, atunci aceasta iese din funcțiune. Instalația de vid, în porțiunea ei de vid preliminar, trebuie astfel proiectată, încît saltul de presiune

$$\Delta p_j = p_j - p_m = \frac{C+S_m}{C\cdot S_m}(p_m - p_d)\, S_d \tag{19}$$

să fie cît mai mic cu putință. Observînd că în general

$$p_m \gg p_d \tag{20}$$

și că de obicei se caută ca

$$C \gg S_m \tag{21}$$

se obține

$$\Delta p_j = \frac{S_d}{S_m} p_m \tag{22}$$

adică este necesar ca viteza de pompare a pompei mecanice să fie relativ mare. În general nu se poate lua $S_m \gg S_d$ încît este nevoie să se accepte un Δp_j, dar în limitele admisibile funcționării pompei de difuzie.

Se constată în acest paragraf că analogia electrică a instalației de vid se dovedește utilă pentru înțelegerea fenomenelor, dar și pentru calculul instalațiilor de vid. Problemele de rezolvat, cu pretenții de rigurozitate sînt destul de grele, deoarece parametrii pompei de difuzie (viteza de pompare) depinde de mărimi ca puterea de încălzire sau de presiunea la intrarea sau ieșirea din pompa de difuzie. Pentru aceasta va trebui să se recurgă la metode aproximative de calcul, eventual la metoda liniarizării echivalente, luînd în loc de $S_d\,(p)$ o valoare medie liniarizată S_d.

De asemenea, conductanțele conductelor care, în regim molecular nu depind de presiune, în regim intermediar și vîscos depind de presiunea din conductă, încît și acestea constituie elemente neliniare. Și în acest caz se poate trece la valori medii ale conductanțelor pe anumite plaje de presiune.

Articolul de față nu și-a propus să examineze aceste detalii, scopul lui fiind doar acela de a dezvolta schemele electrice echivalente expuse mai înainte.

BIBLIOGRAFIE

[1] GROȘKOVSKI, I. : *Tehnologhia visocogo vacuuma* (traducere din limba polonă). I. L., Moscova, 1957.

[2] HUBER, H. și WARNECKE, M. : *Sur le pompage des tubes a vide*. Annales de Radioélectricité **XIII** (1958), Julliet, 230–252.

NOTĂ

Observații asupra factorului de amplificare în curent al unui tranzistor

CZ 621.375.4.011

1. Este cunoscut faptul că la un tub electronic, factorul de amplificare definit pentru regimul variabil al tubului nu coincide exact [1] cu factorul de amplificare definit ca inversul pătrunderii $\left((\mu_0 = \frac{1}{D} \right)$, deoarece pătrunderea tubului depinde numai de electrostatica tubului.

La un tranzistor trebuie să se facă o distincție similară între un factor de amplificare în curent, definit pentru regimul staționar și un factor de amplificare în curent definit pentru regimul variabil.

În nota de față se justifică necesitatea unei asemenea distincții și se propune definirea următorilor parametri:

a) *factor de curent* (α_0), care este un parametru legat direct de procesele fizice de bază din tranzistor;

b) *factor de amplificare în curent continuu*;

c) *factor de amplificare în curent*, care se referă la regimul variabil al tranzistorului.

După cum se va constata imediat, factorii de amplificare de la punctele b și c depind de factorul de curent α_0.

2. Pentru precizarea parametrilor de mai sus, punctul de plecare îl constituie relațiile de bază ale unui tranzistor pentru regimul de curent continuu (fig. 1)

$$i_c = \alpha_0 \, i_e + i_{co} \tag{1}$$

$$i_b = i_e - i_c \tag{2}$$

$$i_e = f\,(u_e,\ u_c) \tag{3}$$

unde α_0, conform teoriei tranzistorului [2], este egal cu

$$\alpha_0 = \beta \ \gamma \ \alpha^* \tag{4}$$

În expresia lui α_0, cei trei factori reprezintă [2]:

$\gamma = \gamma\,(u_e,\ u_c)$ (5) — eficiența emiterului, egală cu raportul dintre curentul de goluri injectat de emiter în bază (la tranzistorul PNP) și curentul total de emiter ($\gamma < 1$);

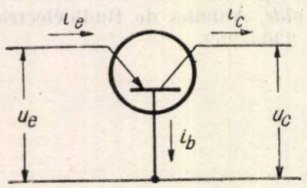


Fig. 1.

$\beta = \beta\,(u_e,\ u_c)$ (6) — coeficientul de transport prin bază, egal cu raportul dintre curentul de goluri care ajunge prin bază la colector (o parte din golurile injectate se recombină în bază) și curentul de goluri injectat în bază;

α^* — un factor de multiplicare în regiunea de trecere a colectorului, care pentru regimul normal de funcționare a unui tranzistor cu joncțiuni este egal cu 1. El ia valori mai mari ca 1 la tranzistorul cu contacte punctiforme și în condiții particulare și la tranzistorul cu joncțiune. Pentru ceea ce urmează se va lua $\alpha^* = 1$.

Din relațiile (1) — (6), relațiile (3), (5), (6) pot fi explicitate, dacă se recurge la teoria elementară ideală a tranzistorului [2], [3]:

$$i_e \simeq S \frac{e\,D_p\,p_n}{W} \epsilon^{\frac{e\,u_e}{KT}} \qquad \text{pentru } |u_c| \gg \frac{KT}{e} \tag{3'}$$

$$\gamma \simeq \frac{1}{1 + \frac{W}{L_n} \cdot \frac{\sigma_n}{\sigma_p}} \qquad \text{pentru } |u_e| \gg \frac{KT}{e} \tag{5'}$$

$$\beta \simeq 1 - \frac{1}{2} \frac{W^2}{L_p^2} \qquad \text{pentru } |u_c| \gg \frac{KT}{e} \tag{6'}$$

și

$$i_{co} \simeq i_{sc}\,(\epsilon^{\frac{e\,u_c}{KT}} - 1) \approx -\,i_{sc} \tag{7'}$$

unde semnificațiile diferitelor mărimi sînt date în lista cu notații de la sfîrșitul notei de față. Dintre mărimile care intervin în expresiile de mai sus, W reprezintă lărgimea bazei neutre (excluzînd regiunea din bază, care constituie zona de trecere înspre colector, unde este prezentă o sarcină spațială și un cîmp electric puternic). Dacă d este lărgimea totală a bazei, atunci [2], [3],

$$W = d - l_0 \sqrt{1 - \frac{u_c}{U_0'}} \ . \tag{8}$$

3. Mărimea α_0 din relația (1), care în mod curent — dar impropriu — este numită factor de amplificare în curent se propune a fi numit „factor de curent", deoarece în regim variabil factorul de amplificare în curent nu este în general riguros egal cu α_0, după cum se va vedea la punctul 4. În afară de aceasta, la tranzistoarele cu joncțiune, aproape întotdeauna $\alpha_0 < 1$, încît nu se justifică denumirea de factor de amplificare.

„Factorul de curent" reprezintă un parametru de bază al tranzistorului, pentru regimul staționar, depinzînd de eficiența emiterului, de coeficientul de transport prin bază și de factorul de multiplicare la colector, deci direct de procesele fizice interne din tranzistor.

4. Pentru cele trei montaje *BM* (fig. 1), *EM* și *CM* (fig. 2), utilizînd relațiile (1) și (2), se pot scrie următoarele expresii ale curentului continuu de ieșire, în funcție de curentul continuu la intrare:

$$BM: \qquad i_c = \alpha_0 i_e + i_{co} \tag{9}$$

$$EM: \qquad i_c = \frac{\alpha_0}{1 - \alpha_0} \, i_b + \frac{i_{co}}{1 - \alpha} \tag{10}$$

$$CM: \qquad i_e = \frac{1}{1 - \alpha_0} \, i_b + \frac{i_{co}}{1 - \alpha_0} \tag{11}$$

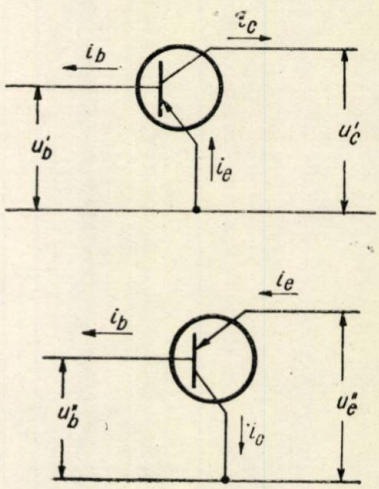


Fig. 2.

Acum se pot defini trei „factori de amplificare în curent continuu", care arată în ce măsură este multiplicat la ieșire, curentul de intrare.

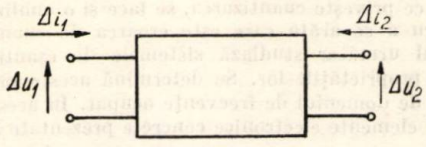
Aceşti factori sînt:

factor de amplificare în curent continuu $BM = \alpha_0$ (12)

factor de amplificare în curent continuu $EM = \dfrac{\alpha_0}{1-\alpha_0}$ (13)

factor de amplificare în curent continuu $CM = \dfrac{1}{1-\alpha_0}$. (14)

Factorul de amplificare în curent continuu pentru montajul *BM* coincide cu „factorul de curent", dar nu coincide pentru celelalte conexiuni. Toţi aceşti factori pot fi însă calculaţi dacă se cunoaşte „factorul de curent" α_0.



F.g. 3.

5. Pentru regimul variabil corespunzător unui regim de joasă frecvenţă, factorul de amplificare în curent se defineşte (fig. 3) prin relaţia:

$$\text{factorul de amplificare în curent} = \left(\frac{\Delta i_2}{\Delta i_1}\right)_{\Delta u_2 = 0} = \begin{cases} h_{21} \text{ pentru montajul } BM \\ h'_{21} \text{ pentru montajul } EM \\ h''_{21} \text{ pentru montajul } CM \end{cases} \tag{15}$$

Pentru montajul *BM*, plecînd de la relaţia (1) şi avînd în vedere sensul convenţional al curenţilor din fig. 3 şi sensul real din fig. 1, se obţine

$$h_{21} = \left(\frac{-\Delta i_c}{\Delta i_e}\right)_{\Delta u_c = 0} = -\left[\alpha_0 + i_e \left(\frac{\mathrm{d}\alpha_0}{\mathrm{d}i_e}\right)_{\Delta u_c = 0}\right]. \tag{16}$$

Cum însă, utilizînd reacţia (3'), se obţine

$$i_e \left(\frac{\mathrm{d}\alpha_0}{\mathrm{d}i_e}\right)_{\Delta u_c = 0} = i_c \left(\frac{\mathrm{d}\alpha_0}{\mathrm{d}u_e} \cdot \frac{\mathrm{d}u_e}{\mathrm{d}i_e}\right)_{\Delta u_c = 0} = \frac{KT}{e} \cdot \frac{\partial \alpha_0}{\partial u_e} \tag{17}$$

expresia factorului de amplificare în curent pentru montajul *BM* devine

$$h_{21} = -\left[\alpha_0 + \frac{KT}{e} \cdot \frac{\partial \alpha_0}{\partial u_e}\right] \tag{18}$$

de unde se constată că factorul de amplificare în general nu coincide cu „factorul de curent" α_0, dar depinde de acesta. Dacă se utilizează expresiile (5') şi (6') şi se introduc în (4) se obţine

$$\frac{\partial \alpha_0}{\partial u_e} = \frac{\partial (\beta\gamma)}{\partial u_e} = 0 \tag{19}$$

căci β şi γ în teoria elementară ideală nu depind de u_e. Atunci

$$h_{21} = -\alpha_0 \qquad \text{pentru } |u_c| \gg \frac{KT}{e} \tag{20}$$

ceea ce se acceptă în general, fapt care a dus la estomparea distincţiei dintre parametrii introduşi în primul paragraf.

În realitate, chiar în cazul teoriei ideale [4], dacă nu se îndeplineşte condiţia $|u_c| \gg \dfrac{KT}{e}$, se arată că β şi γ depind de u_e, în care caz trebuie să se lucreze cu formula (18).

Mai mult decît atît, experimental se constată [5] că chiar în cazul $|u_c| \gg \dfrac{KT}{e}$, factorul de amplificare în curent depinde de curentul de emiter (şi deci de u_c) şi anume scade, în valoare absolută, cu creşterea curentului de emiter. Acest lucru se datoreşte unor condiţii neglijate în teoria ideală, care este o teorie la nivele mici de injecţie a purtătorilor minoritari în bază. La nivele mai mari de injecţie (adică cu creşterea curentului de emiter), se demonstrează [5] că α_0 depinde de u_e, încît trebuie să se ţină seamă şi de al doilea termen al expresiei (18).

În mod similar se pot calcula şi factorii de amplificare în curent h'_{21} şi k''_{21}, care nu vor coincide cu factorii de amplificare în curent continuu decît în primă aproximaţie.

6. În urma consideraţiilor expuse mai sus, autorul notei de faţă consideră că definirea parametrilor sub forma indicată în primul paragraf apare justificată.

Listă cu notaţii

u_e — tensiunea emiter-bază în montajul *BM*.
u_c — tensiunea colector-bază în montajul *BM*.
i_e — curentul de emiter în oricare conexiune.
i_c — curentul de colector în oricare conexiune.
i_b — curentul de bază în oricare conexiune.
$\epsilon = 2{,}718\ldots$
e — sarcina electronului.
K — constanta lui Boltzmann.
T — temperatura absolută.
S — suprafaţa joncţiunii tranzistorului (aceeaşi pentru ambele joncţiuni).
i_{sc} — curentul de saturaţie al joncţiunii colectorului.
D_p — constanta de difuzie a golurilor în bază.
p_n — concentraţia golurilor în bază la echilibrul termic.
L_p — lungimea de difuzie a golurilor în bază.
σ_n — conductibilitatea materialului bazei.
σ_p — conductibilitatea materialului emiterului.
d — lărgimea regiunii N (a bazei).
W — lărgimea efectivă a bazei (regiunea în care baza rămîne neutră din punct de vedere electric).
l_0 — lărgimea regiunii barierei de potenţial la contactul bază — colector.
U'_0 — diferenţa de potenţial de contact între bază şi colector.

Conf. M. DRĂGĂNESCU
Candidat în ştiinţe tehnice

RECENZII

CZ 621.391

Probleme de cibernetică, II. Fizmatizdat, Moscova, 1959. 324 p.

Al doilea caiet al Problemelor de cibernetică prezintă un material deosebit de variat şi interesant grupat în şapte părţi. Probleme generale, Teoria sistemelor automate, Programare, Sisteme automate şi maşini de calculat, Procese de comandă în organismele vii, Probleme de lingvistică, Matematică, Cronică.

În prima parte S. V. IABLONSKI prezintă un studiu asupra conceptelor generale ale ciberneticii. Lucrarea nu este însă introductivă, ci utilizează un aparat matematic destul de bogat, care în permanenţă recurge la matematica modernă.

V. A. USPENSKI studiază problema construirii unei limbi a maşinii, pentru maşinile care lucrează informaţie. Această lucrare reprezintă un referat prezentat de autor cu doi ani în urmă, la laboratorul de modelare electrică a Academiei de Ştiinţe U.R.S.S.

Un articol interesant este acela al lui L. A. KALUJNIN: Despre algoritmizarea problemelor matematice, poblema automatizării chestiunilor matematice este mai veche însă autorul introduce cîteva concepte noi interesante.

În partea a doua, S. V. IABLONSKI prezintă un studiu interesant privind algoritmizarea muncii de sintetizare a schemelor minimale cu contacte.

Faptul că problemele algoritmizării intervin atît de frecvent nu trebuie să mire, deoarece se ştie că în Uniunea Sovietică acest domeniu al ştiinţei este deosebit de dezvoltat. Reamintim că A. A. MARKOV este autorul unui important tratat intitulat „Teoria algoritmilor".

R. E. KRICEVSKI semnează un articol în care se ocupă de realizarea funcţiilor de superpoziţie.

M. L. TETLIN şi L. M. SEHTMAN se ocupă de problema schemelor binare cu ferite şi tranzistoare şi cu metodele algebrice de sintetizare a lor.

În partea a treia reţinem articolul lui V. M. GLUŞKOV: „Despre unele metode de automatizare a programării". De asemenea, apare aci articolul lui A. A. STOGNII: „Despre principiile construirii unui program specializat de programare".

În partea a patra se prezintă o serie de realizări privind dispozitive de memorizare cu tuburi catodice. Tot în această parte se descrie mîna artificială comandată de biocurenţi, şi care a fost mai de mult prezentată în diverse expoziţii internaţionale.

Partea a cincea cuprinde un amplu articol al lui N. V. TIMOFEEV-RESOVSKII (Sverdlovsk) şi R.R. ROMPE (Berlin): „Fenomene statistice şi principiul amplificării în biologie".

Tot aci L. V. KRUŞINSKI tratează problema reflexelor de extrapolare la fiinţele vii.

În partea de lingvistică matematică se descriu experienţe de traducere din franceză în rusă, efectuate cu maşina „Strela", ca şi scrierea operaţională a algoritmelor de traducere şi automatizarea proceselor de programare corespunzătoare.

În partea de Cronică se prezintă unele manifestări mai vechi, cum ar fi seminarul de traducere mecanică care a avut loc între 28 noiembrie şi 3 decembrie 1957 la Leningrad, ca şi conferinţa unională care a avut loc la Moscova, între 15 şi 21 mai 1958. De asemenea, se face o dare de seamă amplă asupra celui de-al doilea Congres internaţional de cibernetică, care a avut loc între 3 şi 10 septembrie 1958, la Namur — Belgia.

CZ 621–53

TOU JULIUS T.: **Sisteme de control digital şi cu date eşantionate** (Digital and sampled-data control systems). Mc. Graw-Hill Book Company, Inc. New York, Toronto, London, 1959, 631 p., 407 fig., 238 ref. bibl.

Lucrarea are drept scop să pună la dispoziţia oamenilor de ştiinţă şi inginerilor teoria de bază a sistemelor de control digital şi cu date eşantionate. Dat fiind faptul că acest domeniu al tehnicii este recent, materialele respective fiind răspîndite prin publicaţii periodice şi rapoarte prezentare la consfătuiri şi congrese, lucrarea de faţă umple un gol important.

Lucrarea conţine în total 11 capitole şi trei anexe.

Primul capitol este o introducere în care se prezintă unele din problemele generale ale sistemelor de reglaj automat, arătîndu-se, în linii mari, în ce constă tehnica digitală şi tehnica datelor eşantionate.

Capitolul al doilea se referă la sistemele de reglaj automat, cu funcţionare continuă. Se studiază numai cazul liniar. Se arată care sînt principalele criterii de stabilitate, dîndu-se şi unele exemple de aplicare a lor. Trebuie remarcat, cu această ocazie, că în general lucrarea este bogată în exemple. Aceasta se explică şi prin faptul că la baza acestei cărţi a stat un curs profesat de autor cu cîţiva ani în urmă.

Capitolul al treilea prezintă bazele teoriei eşantionării şi cuantizării. Se arată astfel care este spectrul de frecvenţă al semnalelor eşantionate, dîndu-se şi teoremele fundamentale în această direcţie.

În ceea ce priveşte cuantizarea, se face şi o analiză statistică pentru a se arăta care este eroarea de cuantizare.

Capitolul următor studiază sistemele de eşantionare şi unele din proprietăţile lor. Se determină aceste proprietăţi în funcţie de domeniul de frecvenţe ocupat. În acest capitol intervin şi elemente electronice concrete prezentate în cadrul expunerii.

Se studiază de asemenea efectele perturbaţiilor exterioare şi a neliniarităţilor. Se arată că ieşirea dintr-un dispozitiv cu eşantionare poate fi descris prin trei expresii diferite. Bazat pe acestea, se deduce funcţia de transfer a reţelelor şi sistemelor cu date pulsate. Una dintre aceste expresii este utilă atunci cînd metoda clasică a răspunsului de frecvenţă este extinsă pentru analiza şi proiectarea sistemelor de control digital cu date eşantionate. Celelalte două expresii formează baza teoriei transformatei z, care este studiată în capitolul următor.

Acest capitol începe cu definirea transformatei z, după care se continuă cu prezentarea noţiunilor teoretice legate de ea, stabilindu-se teoremele fundamentale. De asemenea se arată proprietăţile funcţiilor de transfer pulsat. Se arată care sînt transformatele z inverse şi se dau o serie de exemple. Se arată care sînt transformatele z modificate.

Pe baza noţiunilor teoretice stabilite, privitor la transformata z, se trece la studierea sistemelor de control şi date eşantionate. Pentru a asigura stabilitatea sistemelor de reacţie cu date pulsate, este necesar ca toţi polii buclei închise a sistemului să se afle în interiorul cercului unitar, cu excepţia unui pol posibil la $z = 1$, Se dau mai multe criterii de stabilitate: Schur-Cohn, Nyquist, Roth, Hurwitz, Bode.

Capitolul al VII-lea se ocupă de răspunsul tranzitoriu şi analiza erorilor. Regimul tranzitoriu al unui sistem de control digital şi cu date eşantionate poate fi determinat din situarea polilor şi a zerourilor sistemului cu buclă închisă, în planul z.

Avînd în vedere faptul că sistemele cu eşantionare lucrează adeseori împreună cu maşini digitale, un capitol întreg este rezervat principiilor de conversiune analog-digital. Se arată aci care sînt tehnicile de codare şi decodare. Se prezintă metodele electronice adecvate.

Capitolul al IX-lea este rezervat principiilor generale de proiectare a sistemelor digitale şi cu date eşantionate. Metodele întrebuinţate sînt: transformata z, planul w şi metoda locului rădăcinii.

Capitolul X se referă la controlul optimal cu ajutorul compensării digitale. Acest capitol este deosebit de interesant, deoarece materia tratată din el nu se găseşte în alte lucrări similare. Se dau şi principiile privind proiectarea statistică ca şi reglajul adaptativ.

Ultimul capitol tratează problema importantă a analizării sistemelor de reglaj cu date eşantionate, la care durata de eşantionare este finită. Acest capitol apropie analiza teoretică de condiţiile reale de funcţionare.

Primul apendice dă o tabelă de transformate normale şi modificate z.

Al doilea apendice cuprinde referinţele bibliografice, iar al treilea apendice cuprinde un număr de 69 probleme propuse.

Remarcăm că această lucrare cuprinde şi o serie de probleme deosebit de recente, cum ar fi: tehnicile eşantionării cu diverse frecvenţe, sisteme cu eşantionări nesincrone, controlul adaptativ, sisteme cu eşantionări de durată finită, integrare finită, analiză τ etc.

EDMOND NICOLAU

I. P. 2, c. 1681

СОДЕРЖАНИЕ

* * * **Обширная программа механизации и автоматизации в РНР.**

Automatica şi eleczronica 4 (1960) № 4, стр. 141—142

ДК 621—53

SZEKELY, I. и STĂNCIOIU Ì. :

Нынешнее положение и перепективы автоматизации румынской химической промышленности.

Automatica şi electronica 4 (1960) № 4, стр. 143—149

ДК 681.14 :338.062

TĂNĂSESCU T., MĂNESCU, M. и NICOLAU EDM. :

Счестно-вычислительные машины для планировочно-учетных работ.

Automatica şi electronica 4 (1960) № 4, стр. 150—155

В статье освещается существующее положение и возможности использования электронных машин для планировочно-учетных работ.

ДК 621—53 :662.69 :622.698

MAIER, E. :

Автоматизация городских газораспределительных сетей.

Automatica şi electronica 4 (1960) № 4, стр. 156—162

Отмечается необходимость внедрения телемеханических систем в городские газораспределительные сети, рассматриваются вопросы связанные со службой центрального диспечера и применяемая телесигнализирующая аппаратура. Описывается аппаратура дистанционного действия, сигнализирующая превышение предельного давления, разработанная ИЧЕТ.

ДК 621—53 :621.335.1—833.6

DAMSKER, D., COSTAKE, N., FLEISCHER, R. и WEINRICH G. :

Осуществление автоматизации электродизельной тяги на автомотриссах „23 Августа".

Automatica şi electronica 4 (1960) № 4, стр. 162—167

Описывается разработанная авторами функциональная схема автоматизации электродвигательной передачи и ее преимущества. Схема применена на находящихся в эксплуатации автомотриссах, причем получены соответствующие результаты.

ДК 620.179.16 :534 :321.9.08

STERE R., FELEA I., NEGREANU, D. :

Прибор для дефектоскопии и сверхзвуковых измерений.

Automatica şi electronica, 4 (1960) № 4, стр. 168—176

Описывается универсальный сверхзвуковой дефектоскоп, применяемый для обнаружения пороков в металлических и керамических изделиях и измерения эластичных констант материалов. Прибор работает в диапазоне частот 0,5—4 мггц и оснащен электронными схемами допускающими точное измерение либо расстояния до порока, либо — на образцах известной величины — скорости распространения ультразвуков в различных материалах.

ДК 621.314.5.024 :621.314.7

HERSCOVICI, H., PRANITCH, A. и SCHÄCHTER, L.

Преобразователи постоянного тока на транзисторах.

Automatica şi electronica 4 (1960) № 4, стр. 177—184

Описан принцип работы преобразователей постоянного тока на транзисторах, приводится ряд схем со стабилизацией напряжения на выходе и без таковой и указаны методы их проектирования.

ДК 621.52.001.57 :53.072.13

DRĂGĂNESCU, M. :

Эквивалентные схемы вакуумных насосов, применяемых для электрической аналогии вакуумных установок.

Automatica şi electronica, 4 (1960) № 4, стр. 185—189

Рассматриваются эквивалентные электрические схемы, для механических вакуумных и диффузионных насосов. Эти схемы облегчают изучение поведения вакуумных установок и могут быть использованы для расчета последних.

РАМЕТКИ, стр. 190—191

ЗЕЦЕНЗИИ, стр. 192

INHALTVERZEICHNIS

LEITARTIKEL :

Ein wichtiges Programm zur Mechanisierung und Automatisierung in der R.V.R.

Ein Unterbehmen für industrielle Automatisierungen

Automatica şi electronica, 4 (1960) H. 4, S. 141—142.

DK 621—53

SZEKELY, I. und STĂNCIOIU, I. :

Der heutige Stand und die Zukunftsaussichten der Automatisierung der chemischen Industrie in der Rumänischen Volksrepublik

Automatica şi electronica, 4 (1960) H.4, S. 143—149.

DK 681.14 : 338.062

TĂNĂSESCU, T., MĂNESCU, M. und NICOLAU, EDM. :

Rechenmaschinen in Planungs- und Evidenzarbeiten

Automatica şi electronica, 4 (1960) H.4, S. 150—155.

Der Artikel legt den heutigen Stand und die Verwendungsmöglichkeiten der elektronischen Rechner in Planungs- und Evidenzarbeiten, dar.

DK 621—53 : 662.69 622.698

MAIER, E. :

Automatisierung in den städtischen Verteilungsnetzen von Naturgasen

Automatica şi electronica, 4 (1960) H.4, S. 156—162

Es wird die Notwendigkeit dargelegt, Fernsteuerungssysteme in die städtischen Verteilungsnetze von Naturgas einzuführen; die Fragen des Zentralen Dispatcherdienstes und die verwendete Fernsteuerungsapparatur werden behandelt. Es wird eine vom Institut für elektrotechnische Forschungen ausgearbeitete Schaltung zur Fernsignalisierung von Grenzdrucküberschreitungen beschrieben.

DK 621—53 : 621.335.1—833.6

DAMSKER, D., COSTAKE, N., FLEISCHER, R. und WEINRICH G. :

Automatisierung des Diesel-elektrischen Antriebs beim Triebwagen „23 August"

Automatica şi electronica, 4 (1960) H.4, S. 162—167

Es wird eine Funktionschaltung des von den Verfassern ausgearbeiteten Diesel-elektrischen Antriebs und seine Vorteile beschrieben. Die Schaltung wurde auf im Betrieb befindliche Triebwagen angewendet und ergab die erwarteten Ergebnisse.

DK 620.179.16 534.321.9.08

STERE, R., FELEA, I. und NEGREANU, D. :

Gerät für Ultraschall-Defektoscopie und- Messungen

Automatica şi electronica, 4 (1960) H.4, S. 168—176

Es wird ein universeller Ultraschall-Defektoscop beschrieben, der einerseits für die Auffindung von Fehlern in Metall- oder Keramikwerkstücken bestimmt ist und anderseits die Messung der elastischen Werkstoffkonstanten vornehmen kann. Das Gerät arbeitet im Frequenzbereich von 0,5—4 MHz und ist mit elektronischen Kreisen ausgestattet, die die genaue Messung entweder der Entfernung bis zur Fehlerstelle, oder —bei Proben mit bekannten Massen — der Ultraschallfortpflanzungsgeschwindigkeit in verschiedenen Werkstoffen gestatten.

DK 621.314.5.024 621.314.7

HERSCOVICI, H., PRANITCHI, A. und SHACHTER, L. :

Gleichstromumformer mit Transistoren

Automatica şi electronica, 4 (1960) H. 4, S. 177—184

Es wird das Arbeitsprinzip der Gleichstromumformer mit Transistoren beschrieben, es werden einige Schaltungen mit und ohne Stabilisierung der Ausgangspannung dargelegt und die Berechnungsverfahren für diese Schaltungen angegeben.

DK 621.52.001.57 : 53.072.13

DRĂGĂNESCU, M. :

Ersatzschaltungen für Vakuumpumpen in Hinsicht der elektrischen Analogie von Vakuumanlagen

Automatica şi electronica, 4 (1960) H.4, S. 185—189

Es werden Ersatzschaltungen für mechansche und Dffusions-Vakuum pumpen entwickelt Diese Schaltungen erleichtern das Verständnis der Arbeitsweise von Vakuumanlagen und sind für Berechnung solcher Anlagen nützlich.

NOTEN, S. 190—191

BUCHBESPRECHUNGEN, S. 192

SOMMAIRE

EDITORIAL :

Un important programme de mécanisation et d'automation dans la R.P.R.

Une entreprise pour automatisations industrielles

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 4, p. 141—142.

CD 621—53

SZEKELY, I. et STĂNCIOIU, I. :

L'état actuel et les perspectives d'avenir de l'automatisation de l'industrie chimique dans la République Populaire Roumaine

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 4, p. 143—149.

CD 681.14 : 338.062

TĂNĂSESCU, T., MĂNESCU, M. et NICOLAU, EDM. :

Les machines à calculer dans les travaux de planification et d'évidence.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 4, p. 150—155.

L'article expose l'état actuel et les possibilités d'utilisation des machines électroniques dans les travaux de planification et d'évidence.

CD 621—53 : 662.69 : 622.698

MAIER, E. :

Automations dans les réseaux urbains de distribution du gaz naturel

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 4, p. 156—162.

On expose la nécessité d'introduire les systèmes de télémécanique dans les réseaux urbains de distribution du gaz naturel, les problèmes posés par le service du dispatcher central, ainsi que l'appareillage de télémécanisation utilisé. On décrit un schéma de télésignalisation élaboré à I.C.E.T., concernant le dépassement de la pression limite.

CD 621—53 : 621.335.1—833.6

DAMSKER, D., COSTAKE, N. FLEISCHER, R. et WEINRICH, G. :

Automation de la traction Diesel-éelctrique réalisée aux automoteurs „23 Août"

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 4, p. 162—167.

On décrit un schéma fonctionnel de l'automation de la transmission Diesel-électrique élaboré par les auteurs et ses avantages. On a vérifié le schéma sur des automoteurs en fonction et on a obtenu les résultats préconisés

---

CD 620.179.16 : 534.321.9.08

STERE, R,. FELEA, I. et NEGREANU, D. :

Appareil pour la défectoscopie et pour mesures dans le domaine des ultrasons.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 4, p. 168—176.

On décrit un défectoscope universel à ultrasons, destiné, d'une part à détecter les défauts des pièces métalliques ou céramiques et d'autre part à mesurer les constantes élastiques des matériaux. L'appareil fonctionne dans le domaine de fréquences de 0,5—4 MHz et est doué de circuits électroniques qui permettent la mesure précise soit de la distance jusqu'au défaut, soit de la vitesse de propagation des ultrasons dans différents matériaux (en faisant des expériences sur des épreuves de dimensions connues).

CD 621.314.5.074 : 621.314.7

HERCOVICI, H., PRANITCHI, A. et SCHĂCHTER, L. :

Convertisseurs de courant continu à transistors

Automatica şi electronica 4 1960) no. 4, p. 177—184

On décrit le principe de fonctionnement des convertisseurs de courant continu à transistors, on présente quelques schémas ayant une tension de sortie stabilisée ou non et on indique les méthodes du projet de ces schémas.

CD 621.52.001.57 :53.072.13

DRĂGĂNESCU, M :

Schémas équivalents pour pompes à vide, en vue de l'analogie électrique des installations à vide.

Automatica şi Electronica, 4 (1960) no. 4, p. 185—189.

On développe plusieurs schémas électriques équivalents pour pompes mécaniques à vide et pompes à diffusion. Ces schémas permettent de comprendre aisément le comportement des installations à vide et sont utiles pour le calcul des installations à vide.

NOTES, p. 190—191

COMPTES-RENDUS, p. 192

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR 1893

CONTENTS

EDITORIAL :

An important mechanization and automation program in the Rumanian People's Republic.

An enterprise for industrial automations

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 4, p. 141—142.

DC 621—53

SZEKELY, I. and STĂNCIOIU, I. :

The present state and the future prospects of automation of the chemical industry in the Rumanian People's Republic.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 4, p. 143—149.

DC 681—14 : 338.062

TĂNĂSESCU, T., MĂNESCU, M. and NICOLAU, EDM. :

The computing machines in planning and accountancy activities

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 4, p. 150—155.

The paper shows the present stage and the possibilities of using the electronic machines in planning and accountancy work.

DC 621—53 : 662.69 : 622.698

MAIER, E. :

Automations in natural gas urban distribution networks

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 4, p. 156—162

The necessity of introducing the telemechanics systems in the natural gas urban distributions networks, the problems facing the central dispatcher service and the used telemechanization apparatuses are discussed. A telesignalization scheme of exceeding limit pressure, worked out at the Electrical Engineering Research Institute I.C.E.T. is described as well.

DC 621—53 :521.335.1—833.4

DAMSKER, D., COSTAKE, N., FLEISCHER, R. and WEINRICH, G. :

Automation of the Diesel-electrical traction achieved at the „23 August" motor coaches.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 4, p. 162—167

An operating scheme of the automation of Diesel-electrical transmission worked out by the authors of this paper and its advantages are described. This scheme was applied at motor coaches in operation and has given the expected results.

DC 620.179.16 : 539.321.9.08

STERE, R., FELEA, I. and NEGREANU, D. :

Apparatus for defectoscopy and ultrasounds measurings.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 4, p. 168—176.

An universal defectoscope with ultrasounds is being described, designed, on the one hand, for detecting defects in metallic or ceramic workpieces, and on the other hand, for measuring the elastic constants of materials. The apparatus operates in the 0,5—4 MHz frequency range and is equipped with electronic circuits that allow an accurate measurirg of the distance either up to the defect, or — on samples of known dimensions — of the propagation speed of ultrasounds in various materials.

DC 620.179.16 : 534.321.9.08

HERCOVICI, H., PRANITCHI, A. and SCHĂCHTER, L. :

Direct current convertors with transistors

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 4, p. 177—184.

The work principle of d.c. converters with transistors is described, several schemes with and without stabilization of the outlet voltage are presented and the methods of designing these schemes are indicated.

DC 621.52.001.57 : 53.072.13

DRĂGĂNESCU, M. :

Equivalent schemes for vacuum pumps, in view of the electrical analogy of vacuum plants.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 4, p. 185—189.

Several equivalent electrical schemes are developed for mechanical vacuum pumps and diffusion pumps. These schemes facilitate understanding the behaviour of vacuum plants and are useful for the calculus of vacuum plants.

NOTES, p. 190—191.

BOOK REVIEWS, p. 192.

Produsele cehoslovace de marcă mondială **TESLA** sînt renumite prin calitatea lor

Sînt foarte precise şi sigure

TESLA

PRODUCE ÎN PRIMUL RÎND URMĂTOARELE ACCESORII MINIATURALE:

— Rezistenţe
— Condensatori electrolitici şi sul
— Condensatori din materii artificiale
— Potenţiometre
— Trimmere
— Şi alte accesorii pentru tehnica transistorilor

KOVO

PRAHA CZECHOSLOVAKIA

TŘ. DUKELSKÝCH HRDINŮ 47

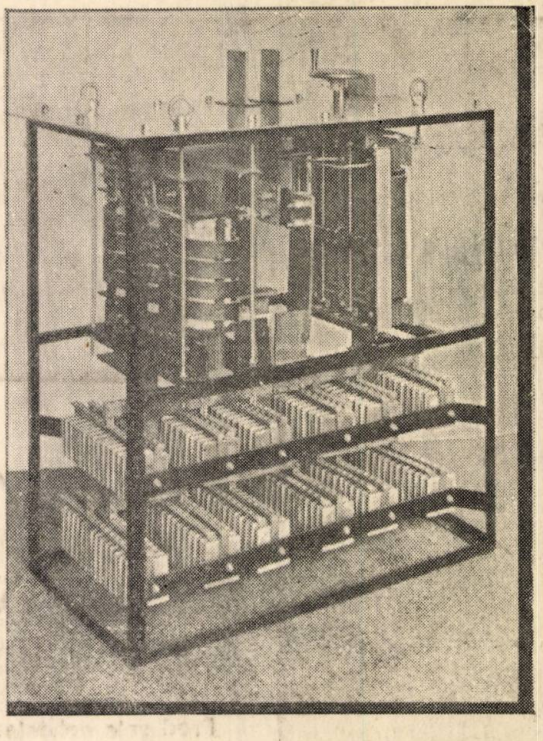
UZINA
GRIGORE PREOTEASA

BUCUREŞTI, CALEA RAHOVEI Nr. 266

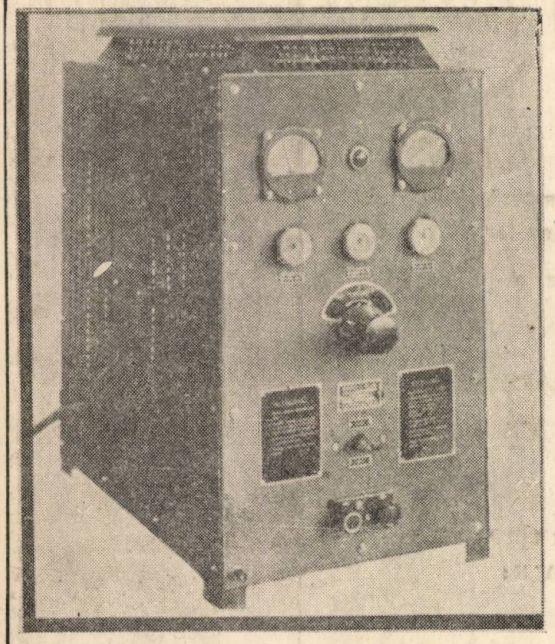
Oferă spre contractare fără repartiţie:

Redresoare cu seleniu pentru utilizare la băile galvanice, în cinematografie, la alimentarea instalaţiilor telefonice şi telegrafice etc. — de orice tensiune şi curent.

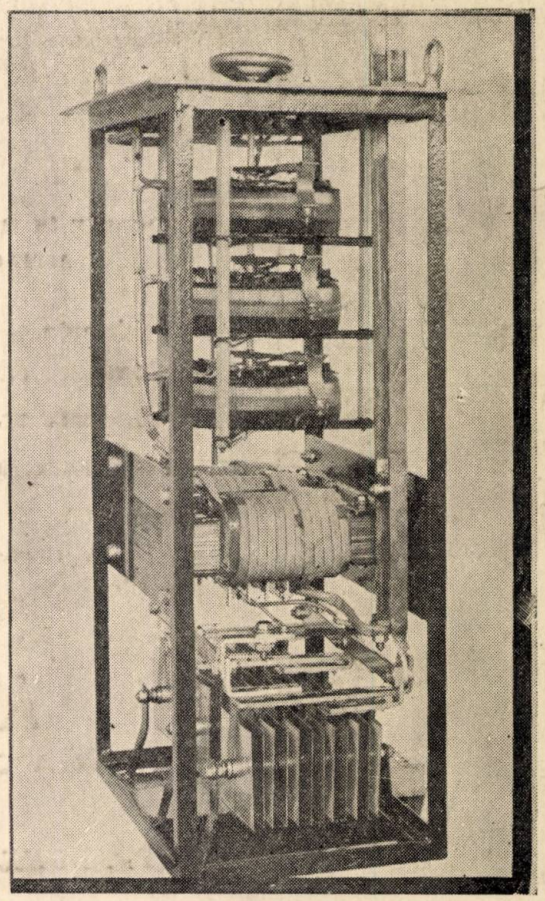
De asemenea oferă şi montaje cu plăci de seleniu pentru orice tensiune şi curent.



Redresor pentru băi galvanice 0-12 V—1000 A



← Redresor pentru încărcat acumulatoare 50 V—30 A



Redresor pentru băi galvanice 0-12 V—100 A

Pe bază de repartiţie M.I.G. livrează redresoare pentru încărcarea acumulatoarelor de orice capacitate.

★

Pentru orice informaţie tehnică doritorii se vor adresa la sediul uzinei noastre din Bucureşti

CALEA RAHOVEI Nr. 266

SERVICIUL TEHNIC

TELEFON 14.61.50. — Interior 121

HOTĂRÎREA

COMITETULUI CENTRAL AL PARTIDULUI MUNCITORESC ROMÎN ŞI A CONSILIULUI DE MINIŞTRI AL REPUBLICII POPULARE ROMÎNE CU PRIVIRE LA RIDICAREA NIVELULUI TEHNIC AL PRODUCŢIEI

HOTĂRÎREA

Comitetului Central al Partidului Muncitoresc Romîn şi a Consiliului de Miniştri al Republicii Populare Romîne cu privire la ridicarea nivelului tehnic al producţiei

In anii regimului de democraţie populară s-au înregistrat succese însemnate în industrializarea socialistă a ţării, în ridicarea nivelului tehnic al producţiei. Înfăptuirea progresului tehnic s-a obţinut prin construirea de fabrici şi uzine înzestrate cu utilaje moderne, prin reutilarea întreprinderilor existente cu maşini, agregate şi instalaţii de un înalt nivel tehnic, fapt care a contribuit în măsură însemnată la creşterea producţiei, a productivităţii muncii şi la realizarea de economii prin reducerea cheltuielilor de producţie.

Numai în anii 1956—1959 au fost construite un număr de 101 întreprinderi noi, 93 de secţii noi, iar 294 de întreprinderi au fost reutilate şi dezvoltate.

Nivelul tehnic ridicat al maşinilor, agregatelor şi instalaţiilor produse în ţară sau importate cu care au fost înzestrate întreprinderile industriale a contribuit în mare măsură la creşterea de peste trei ori a producţiei industriale şi la dublarea productivităţii muncii în perioada 1950—1959.

Au fost construite pe baza unei tehnici avansate obiective industriale importante pentru economia naţională ca secţia de furnale noi, laminorul de 650 mm, blumingul şi noua oţelărie Martin de la Combinatul siderurgic-Hunedoara, oţelăria de la Reşiţa, laminorul de ţevi de la Roman, termocentralele Borzeşti şi Paroşeni, uzinele „Iosif Rangheţ"-Arad, uzinele „Tudor Vladimirescu"-Bucureşti, fabrica de rulmenţi de la Bîrlad, uzinele „Electroputere"-Craiova, Combinatele chimice de la Govora şi Năvodari, fabrica de fire şi fibre sintetice de la Săvineşti, reactorul atomic, complexele pentru industrializarea lemnului de la Brăila, Gălăuţaşi şi Tg. Jiu, complexul de la Chiscani şi încă multe altele.

Înzestrarea cu utilaje de înaltă tehnicitate, extinderea mecanizării şi adîncirea specializării producţiei la uzinele „Ernst Thälmann"-Oraşul Stalin, au dus în anul 1959 la creşterea productivităţii muncii cu 25 la sută faţă de anul 1958 obţinîndu-se totodată şi o îmbunătăţire a calităţii produselor.

Realizarea noii instalaţii de fabricare a semicocsului prin procedeul în pat fluidizat a dus la reducerea preţului de cost cu 15—20 la sută şi reducerea investiţiei specifice de circa 4 ori faţă de vechile instalaţii.

Introducerea în exploatare a noilor instalaţii de foraj 4—LD proiectate şi fabricate la un nivel tehnic înalt de industria constructoare de maşini din ţara noastră, a dus la mărirea vitezei de foraj şi la reducerea preţului de cost cu peste 20 la sută faţă de rezultatele ce se obţin cu vechile tipuri de instalaţii.

La noua unitate industrială pentru fabricarea de plăci aglomerate din lemn de la Brăila, utilată cu maşini la nivelul tehnicii moderne şi unde procesul de producţie este complet mecanizat, se realizează un indice de folosire a masei lemnoase de aproape 2 ori mai mare decît la celelalte unităţi de prelucrare a lemnului.

Creşterea nivelului tehnic al producţiei s-a obţinut şi prin introducerea sau extinderea unor *noi procedee tehnologice* în întreprinderile industriale. Astfel, în industria petroliferă s-au introdus forajul cu turbina, fisurarea hidraulică, desalinarea electrică, ş.a. ; în industria constructoare de maşini — turnarea în forme întărite cu bioxid de carbon, sudura automată sub flux, călirea prin curenţi de înaltă frecvenţă, precum şi alte procedee tehnologice avansate, care au dus la creşterea productivităţii muncii, îmbunătăţirea calităţii producţiei şi la economii materiale şi băneşti.

Introducerea tehnicii noi în ramurile economiei naţionale a dus de asemenea la *valorificarea superioară a materiilor prime, materialelor şi combustibilului.*

Toate acestea demonstrează că *acolo unde procesul de producţie se bazează pe realizările actuale ale ştiinţei şi tehnicii, nivelul productivităţii muncii este superior, iar preţul de cost pe unitatea de produs este mult mai redus faţă de locurile de producţie unde tehnica nouă nu a fost încă introdusă.*

La ridicarea nivelului tehnic de producţie, o contribuţie însemnată o are *industria constructoare de maşini a ţării noastre, care a reuşit să satisfacă din punct de vedere al volumului şi al sortimentelor cea mai mare parte a necesităţilor economiei naţionale,*

în plină dezvoltare. În anii 1950—1959 s-au fabricat peste 500 tipuri de mașini și instalații noi, multe dintre acestea fiind de nivel tehnic ridicat ca : instalații de foraj, tractoare, strunguri, nave maritime și fluviale, turbo suflante, utilaj minier, mașini și aparate electrice și altele.

De asemenea se află în curs de asimilare în vederea fabricării de serie locomotiva Diesel-electrică de 2 100 CP, cargoul de 4 500 tone, noi tipuri de motoare Diesel, precum și alte noi tipuri de mașini, agregate și utilaje.

Progrese importante s-au obținut și în celelalte ramuri industriale. Astfel, în industria chimică s-au construit și sînt în construcție o serie de obiective industriale de mare capacitate pentru valorificarea superioară a resurselor de materii prime din țară (gaz metan, produse petroliere sare, stuf) prin fabricarea de cauciuc sintetic, îngrășăminte chimice, detergenți, mase plastice, fibre și fire sintetice etc.

Creșterea producției și a nivelului tehnic au determinat creșterea exportului de produse industriale în perioada 1950—1959 de 2,5 ori ; exportul de mașini și utilaje a crescut în această perioadă de aproape 9 ori, iar cel de produse chimice de 2,4 ori.

Progresul tehnic în toate ramurile economiei naționale se înfăptuiește pe baza traducerii în viață a hotărîrilor Partidului Muncitoresc Romîn și guvernului Republicii Populare Romîne cu privire la industrializarea socialistă a țării.

Succesele obținute în domeniul ridicării nivelului tehnic al producției și al îmbunătățirii calității produselor se datoresc muncii entuziaste a maselor de muncitori, ingineri și tehnicieni, mobilizați de organele și organizațiile de partid pentru introducerea în producție a celor mai noi cuceriri ale tehnicii și științei, pentru folosirea deplină a capacităților de producție pentru organizarea superioară a producției, în vederea ridicării necontenite a productivității muncii și scăderii prețului de cost, creșterii acumulărilor socialiste, dezvoltării continue a economiei naționale și ridicării bunăstării oamenilor muncii.

Ajutorul multilateral acordat țării noastre de către Uniunea Sovietică și colaborarea cu celelalte țări ale lagărului socialist au avut un rol important în creșterea nivelului tehnic al producției.

În domeniul ridicării nivelului tehnic al producției mai există însă o serie de lipsuri, în unele cazuri rezultatele obținute nefiind pe măsura posibilităților create.

Astfel, menținerea în producție a mașinilor învechite, ca și lipsa de preocupare a unor beneficiari și constructori de a pune în fabricație utilaje cu indici ridicați și de a moderniza produsele existente, precum și insuficienta documentare și dezvoltare a serviciilor de proiectare, insuficienta pregătire tehnologică a fabricației, ca și lipsa de standuri de probă, au dus la executarea unor produse industriale cu caracteristici tehnice depășite în comparație cu nivelul tehnicii moderne, gabarite și greutăți specifice prea mari și consumuri ridicate de materii prime, metal, combustibil.

Deficiențe se constată și în ceea ce privește pregătirea tehnologică a fabricației unor produse noi. De multe ori s-a trecut la fabricația în serie a unor produse ale căror prototipuri nu erau omologate în prealabil, sau nu aveau pregătite documentația și echipamentul tehnologic necesar, ca, de exemplu, troleibuzul fabricat de uzinele „Tudor Vladimirescu" și tramvaiul „V-53" pus în fabricație la uzinele „Electroputere" Craiova. Aceasta se datorește îndeosebi faptului că activitatea serviciilor constructorului șef, tehnologului șef și a atelierelor de prototipuri și de sculărie din unele întreprinderi nu s-a ridicat la nivelul cerut de actuala dezvoltare a tehnicii producției.

Ministerul Industriei Grele nu s-a preocupat în mod corespunzător de problemele de organizare, de asigurarea cu cadre calificate și dezvoltarea birourilor de proiectare ale constructorului șef și a birourilor de pregătire tehnologică din uzine. De asemenea nu a dotat întreprinderile cu suficiente standuri de probă, ceea ce creează dificultăți în asigurarea controlului caracteristicilor tehnice ale produselor respective.

Deficiențele se datoresc și faptului că unii beneficiari nu cunosc și nu studiază realizările pe tărîm mondial în privința utilajelor, mașinilor și instalațiilor specifice ramurii lor, acceptînd sau chiar cerînd punerea în fabricație a unor tipuri de mașini depășite de realizările tehnicii moderne.

De asemenea unii beneficiari nu studiază din timp necesitățile pe care le au și prezintă cereri urgente de fabricație a unor utilaje și — ca urmare — termenele acordate întreprinderilor producătoare sînt prea scurte și nu permit respectarea tuturor condițiilor de pregătire. Astfel, din cauza termenului scurt de asimilare, o serie de mașini agricole ca semănătoarea de porumb, grapa cu colți reglabili și altele au fost puse în fabricație fără o pregătire corespunzătoare.

Asemenea lipsuri au făcut ca în unele cazuri să se fabrice produse de calitate inferioară, cu durabilitatea redusă, ceea ce a dus la risipă de materiale și de manoperă și a făcut necesare, pentru satisfacerea acelorași cerințe, cantități mai mari de astfel de produse.

Au existat și mai există lipsuri și în privința stabilirii proceselor tehnologice și alegerii instalațiilor la noile secții și întreprinderi. În unele cazuri s-au construit și pus în funcțiune instalații scumpe, fără ca procesul tehnologic și utilajele respective să fi fost experimentate și omologate, ceea ce a dus la dificultăți de exploatare, la produse de calitate inferioară și, ca urmare, la prețuri de cost ridicate. Astfel, defecțiunile instalației pentru decuprarea cenușilor de pirită de la uzinele „P. Poni"-Valea Călugărească se datoresc faptului că aceasta a fost proiectată și executată înainte ca procesul tehnologic să fie omologat.

La introducerea și dezvoltarea tehnicii noi în economia națională o contribuție însemnată revine activității de cercetări tehnico-științifice desfășurate în întreprinderi și institutele de cercetări și proiectări.

Partidul și guvernul au asigurat an de an pentru activitatea de cercetare științifică o bază materială din ce în ce mai largă.

În ultimii 10 ani a fost cheltuită din bugetul de stat pentru cercetările științifice suma de 6 miliarde lei.

Datorită condițiilor create de regimul democrat-popular, activitatea de cercetare științifică din țara noastră a obținut în ultimii ani rezultate îmbucurătoare.

Oamenii de știință au elaborat soluții practice în domeniul modernizării proceselor tehnologice, îmbunătățirii calității producției, contribuind astfel la creșterea producției, a productivității muncii și la reducerea cheltuielilor de producție.

S-a elaborat de către Centrul de cercetări metalurgice al Academiei R. P. Romîne procedeul pentru fabricarea cărămizilor refractare forsteritice.

Prin introducerea în producție a metodei pentru dezbismutizarea plumbului, elaborată de Institutul de cercetări metalurgice, s-au realizat economii anuale de circa 30 milioane lei.

Cu toate realizările obținute, activitatea științifică desfășurată atît la Academia R. P. Romîne cît și la institutele de cercetări ale ministerelor nu este la nivelul eforturilor materiale făcute de statul nostru democrat-popular și la nivelul cerințelor construcției socialiste.

Principalele forțe științifice din țara noastră sînt orientate într-o măsură insuficientă spre rezolvarea problemelor actuale ale industriei, agriculturii, transporturilor și construcțiilor.

Ministerele utilizează în mod nesatisfăcător institutele de cercetări științifice pentru rezolvarea unor probleme importante ale introducerii tehnicii noi în producție, pentru elaborarea de mașini, utilaje și agregate de mare productivitate și pentru îmbunătățirea proceselor tehnologice.

Faptul că activitatea institutelor de cercetări nu este întotdeauna orientată spre rezolvarea problemelor celor mai importante ale producției, iar unele studii și cercetări nu sînt legate de nevoile reale ale producției este oglindit de numărul redus al soluțiilor aplicate în practică ; pe de altă parte, acolo unde soluțiile date de cercetarea științifică s-au dovedit eficace, nu întotdeauna a existat o preocupare suficientă pentru generalizarea aplicării lor.

Astfel, Institutul de cercetări pentru mecanizarea și electrificarea agriculturii a studiat tehnologia de reparație a tractorului I.A.R. care nu se mai produce de mulți ani, iar tractoarele de acest tip existente pe teren sînt scoase treptat din uz. Institutul de energetică al Academiei R. P. Romîne s-a preocupat de studiul energiei solare, problemă care în condițiile actuale nu prezintă urgență pentru economia țării noastre.

La Ministerul Industriei Grele, în decurs de doi ani, din 70 soluții obținute de Institutul de cercetări metalurgice s-au aplicat în producție numai 31, iar din cele 114 soluții date de Institutul de cercetări electrotehnice au fost utilizate doar 43.

Unele departamente, direcții generale și întreprinderi subapreciază problemele progresului tehnic, studiază în mod nesatisfăcător realizările obținute în această privință în străinătate. Se întîmplă cazuri cînd se cheltuiesc bani și materiale și se pierde timp prețios pentru cercetarea unor probleme tehnico-științifice care în străinătate au fost rezolvate și aplicate.

Astfel de cazuri au fost cercetările efectuate la Institutul de cercetări chimice și Institutul de cercetări miniere pentru prăjirea în pat fluidizat a piritelor sărace — a cărei rezolvare a fost obținută din U.R.S.S., prin colaborare tehnico-științifică — sau cercetările executate la Institutul de cercetări electrotehnice, pentru stabilirea tehnologiei fabricării acumulatorilor alcalini, care ar fi putut fi obținută din țările prietene, unde a fost deja rezolvată.

Paralelismele în cercetare și lipsa de profilare a unităților de cercetare științifică au dus la irosire de fonduri și de timp, la risipirea pe un front larg a cadrelor de cercetători și, ca urmare, la o slabă eficiență a cercetărilor științifice.

Astfel, Institutul de studii și cercetări hidrotehnice studiază probleme de hidraulică paralel cu Întreprinderea de cercetări și studii energetice din cadrul Ministerului Industriei Grele. Tot pentru cercetări în domeniul hidrotehnicii există o secție în cadrul Institutului de mecanică aplicată al Academiei R. P. Romîne. Cu cercetările în domeniul feritelor se ocupă în prezent trei institute de cercetări. Cercetări în domeniul metalurgiei se efectuează la Institutul de cercetări metalurgice al Ministerului Industriei Grele cît și la centrul de cercetări metalurgice al Academiei R. P. Romîne.

Propaganda tehnico-științifică și sistemul de informare asupra realizărilor tehnico-științifice din țară și străinătate nu sînt organizate la nivelul actual cerut de introducerea tehnicii noi în toate ramurile economiei naționale. Întreprinderile folosesc prea puțin documentarea tehnică. Unele reviste științifice și tehnice se ocupă prea puțin de problemele actuale ale progresului tehnic, dau puține soluții practice și în mică măsură fac cunoscute realizările noi în știință și tehnică.

O frînă în introducerea tehnicii noi o constituie menținerea în mod nejustificat în procesul de producție a unor mașini și utilaje cu caracteristici învechite și cu randament de lucru scăzut. În loc să fie modernizate sau înlocuite cu tipuri noi, de mare randament, aceste mașini sînt folosite în continuare în producție, ceea ce provoacă cheltuieli nejustificate cu întreținerea lor, menține un nivel scăzut al productivității muncii și al calității produselor și un preț de cost ridicat al producției.

La menținerea în producție a unor utilaje, mașini și agregate cu caracteristici tehnice mult depășite astăzi, contribuie și mentalitatea unor cadre din economie, care în loc să lupte pentru modernizarea acestora și înzestrarea tehnică a procesului de producție cu mașini de înaltă productivitate, înlăturînd tot ceea ce e depășit de cuceririle științei și tehnicii, au o atitudine conservatoare, transferă utilaje vechi de la o întreprindere la alta, efectuează numeroase reparații capitale neeconomicoase, provocînd astfel pagube economiei naționale.

Ministerele și departamentele nu studiază în mod sistematic realizările întreprinderilor fruntașe, ale inovatorilor, în privința modernizării utilajului de producție, a perfecționării proceselor tehnologice și nu se ocupă în mod satisfăcător de extinderea largă a experienței dobîndite în această privință în fabrici, uzine și pe șantiere.

În multe cazuri propuneri valoroase ale inovatorilor în producție nu capătă sprijinul cuvenit din partea conducătorilor întreprinderilor și în ministere.

Există o rămînere în urmă și în ce privește introducerea mecanizării și, îndeosebi, a automatizării proceselor de producție. O serie de lucrări grele și cu volum mare de muncă precum și transportul intern din întreprinderi, care reprezintă o pondere însemnată în cheltuielile de producție, sînt încă slab mecanizate. Din această cauză, în unele ramuri, influența mecanizării și automatizării asupra creșterii productivității muncii și reducerii prețului de cost este încă neînsemnată.

Printre cauzele care au dus la ivirea deficiențelor enumerate a fost și lipsa de urmărire a felului cum se realizează sarcinile puse de partid și guvern privind introducerea și extinderea tehnicii noi, precum și unele lipsuri ale sistemului de cointeresare a cadrelor în introducerea tehnicii noi.

★

Construirea economiei socialiste este de neconceput fără realizarea unui înalt nivel al productivității muncii. Factorul cel mai important care determină creșterea productivității muncii este nivelul tehnic al mijloacelor de producție cu care este înzestrată economia națională.

Căile principale ale progresului tehnic sînt mecanizarea, modernizarea și automatizarea complexă a proceselor de producție acolo unde se justifică din punct de vedere economic. Acțiunea de extindere a mecanizării și automatizării producției va trebui să fie intensificată, orientîndu-se spre acele ramuri în care se poate obține cea mai mare eficacitate economică, concretizată prin creșterea producției și productivității muncii, reducerea consumului de materii prime, materiale, combustibil și îmbunătățirea calității.

Este necesar să se continue îndeosebi mecanizarea treptată a lucrărilor grele și cu volum mare de muncă din industria extractivă, a cărbunelui și minereurilor, din exploatările forestiere și din construcții, precum și la lucrările de încărcări și descărcări în transporturi.

O mai mare atenție să se acorde mecanizării muncilor auxiliare, mai ales în transporturile interne din întreprinderi și transporturile între operații, în toate ramurile de producție și în special în industriile prelucrătoare.

Să se introducă și să se extindă treptat automatizarea instalațiilor industriale și în special a acelora cu procese continue de fabricație cum sînt agregatele siderurgice, anumite instalații din industria chimică, alimentară, materiale de construcții, centrale termo și hidroelectrice.

În industriile prelucrătoare trebuie să se introducă în mod treptat și pe bază de plan tehnic mașini automate individuale și linii automate. Întreprinderile și secțiile din industria constructoare de mașini, importante pentru producția de serie și înzestrarea altor ramuri cu agregate și utilaje, să fie dotate, pe bază de plan, cu mașini-unelte cu program, mașini de copiat electronice, linii automate și semiautomate pentru producția de elemente de mașini și piese de mare serie.

De asemenea este necesar să se înceapă studierea și introducerea aplicațiilor chiberneticii prin folosirea mașinilor electronice de calcul sau a altor sisteme de programare electronică, pentru automatizarea complexă a unor procese de producție — de exemplu la rafinării, instalații ale industriei chimice, mașini-unelte — sau pentru automatizarea unor lucrări de calcule economice și statistice.

O preocupare de seamă trebuie să o constituie *introducerea și extinderea pe scară largă a procedeelor tehnologice moderne,* de înaltă productivitate, cu flux continuu de producție, cu folosirea parametrilor înalți.

Este necesar să se dea o atenție deosebită asimilării de *noi materiale* care sînt necesare dezvoltării diferitelor ramuri și care vor permite eliminarea sau reducerea unor importuri, crearea de noi posibilități de export, fabricarea de produse cu caracteristici superioare, înlocuirea unor materiale deficitare etc.

Pentru asigurarea progresului tehnic în toate ramurile economiei naționale, un rol deosebit de important revine *industriei constructoare de mașini.* De calitatea mașinilor, utilajelor și instalațiilor produse în țară depinde în cea mai mare măsură nivelul tehnic al proceselor de fabricație, atît în întreprinderile noi cît și în cele existente care vor fi reutilate și modernizate.

Pentru a-și putea îndeplini acest rol, industria constructoare de mașini va trebui să modernizeze mașinile și utilajele rămase în urmă, spre a se ajunge la caracteristici constructive și funcționale superioare, la o durată de funcționare și o siguranță de exploatare corespunzătoare nivelului tehnicii mondiale ; să asimilieze și să producă mașini, utilaje și instalații noi ; să utilizeze materiale cu caracteristici superioare (oțeluri rezistente la coroziune și la temperaturi înalte, materiale sinterizate, materiale plastice, ceramice etc.).

Cercetările științifice din domeniul tehnicii vor trebui să se axeze pe rezolvarea problemelor prevăzute în planul de stat și care sînt strîns legate de sarcinile economice și tehnice, trasate diferitelor ramuri ale economiei naționale.

În vederea sporirii eficienței muncii de cercetare și pentru a se evita irosirea cadrelor de cercetare, va trebui să se pornească de la rezultatele atinse în alte țări și să se folosească în mai mare măsură colaborarea tehnico-științifică cu țările prietene. În același scop este necesară îmbunătățirea coordonării cercetărilor efectuate în institutele Academiei R. P. Române, institutele departamentale și în cadrul învățămîntului superior, pentru lichidarea pa-

ralelismelor inutile în cercetări. Se va acorda o atenție deosebită aplicării neîntîrziate în practică a rezultatelor cercetărilor încheiate.

★

Realizarea sarcinilor trasate de cel de-al III-lea Congres al Partidului Muncitoresc Romîn pentru dezvoltarea economiei naționale în perioada 1960—1965 necesită intensificarea introducerii tehnicii noi — sarcină de cea mai mare importanță pentru industrializarea socialistă a țării — în vederea realizării unei productivități înalte a muncii și reducerii continue a prețului de cost, precum și creării condițiilor necesare unei activități susținute a muncitorilor, inginerilor și tehnicienilor, pentru ridicarea permanentă a nivelului tehnic și calității producției.

ÎN ACEST SCOP COMITETUL CENTRAL AL PARTIDULUI MUNCITORESC ROMÎN ȘI CONSILIUL DE MINIȘTRI AL REPUBLICII POPULARE ROMÎNE

HOTĂRĂSC:

1. — *Se înființează Comitetul pentru tehnica nouă de pe lîngă Consiliul de Miniștri al Republicii Populare Romîne, în scopul îndrumării, coordonării și controlului activității legate de introducerea și extinderea tehnicii noi și pentru asigurarea îndeplinirii directivelor și hotărîrilor Partidului Muncitoresc Romîn și ale guvernului Republicii Populare Romîne în acest domeniu.*

2. — Comitetul pentru tehnica nouă are următoarele atribuțiuni :

a) pregătește și supune spre aprobare Consiliului de Miniștri propuneri asupra principalelor direcții de dezvoltare a tehnicii în toate ramurile economiei naționale în concordanță cu sarcinile de dezvoltare curentă și de perspectivă a economiei ;

b) avizează introducerea în producție a celor mai noi procedee tehnice și controlează activitatea ministerelor și a celorlalte organe centrale, a institutelor de cercetări științifice și tehnice privind introducerea în economia națională a tehnicii înaintate, modul cum respectă hotărîrile partidului și guvernului în domeniul tehnicii noi, precum și felul cum se folosesc fondurile destinate cercetărilor tehnico-științifice ;

c) avizează planurile anuale și de perspectivă privind asimilarea de noi mașini și utilaje, de introducere a procedeelor tehnologice avansate și de intensificare a mecanizării și automatizării proceselor de producție ;

d) avizează planurile privind cercetările tehnico-științifice ale ministerelor, ale Academiei R. P. Romîne și celorlalte organe centrale, urmărind ca tematica cercetărilor să corespundă sarcinilor trasate de partid și guvern cu privire la dezvoltarea economiei naționale și la introducerea tehnicii noi, și ca cercetările să înceapă de la nivelul atins în alte țări, pentru a nu se irosi fonduri materiale și timp cu probleme rezolvate. Analizează modul în care se aplică în producție cercetările încheiate și eficacitatea economică a acestora și asigură ca activitatea de cercetare tehnico-științifică să fie subordonată intereselor actuale ale economiei naționale în introducerea tehnicii noi în toate ramurile de producție ;

e) întocmește și prezintă Consiliului de Miniștri propuneri de măsuri în vederea stimulării introducerii tehnicii noi și de creștere a eficacității economice a cercetărilor tehnico-științifice ;

f) avizează introducerea în fabricație a noilor tipuri de mașini, instalații și utilaje, precum și încetarea fabricării tipurilor învechite ; în acest scop, ministerele și celelalte organe centrale sînt obligate să prezinte Comitetului pentru tehnica nouă studii tehnico-economice ;

g) avizează tipurile și mărcile mașinilor și utilajelor, precum și indicii tehnico-economici ai instalațiilor complexe ce urmează a fi importate ;

h) avizează din punct de vedere al caracteristicilor tehnico-economice mașinile și instalațiile complexe fabricate în țară propuse pentru export ;

i) ajută ministerele în privința activității de unificare și tipizare a elementelor de mașini și a subansamblelor în vederea asigurării interșanjabilității acestora și pentru dezvoltarea producției de mașini, utilaje și instalații ;

j) avizează propunerile ministerelor și celorlalte organe centrale privind profilarea întreprinderilor. Controlează modul cum ministerele înfăptuiesc cooperarea între întreprinderi ;

k) întocmește propuneri pentru îmbunătățirea stimulării inovatorilor și inventatorilor și pentru generalizarea invențiilor și inovațiilor ;

l) îndrumează activitatea de strîngere a materialelor de documentare și informare asupra dezvoltării științei și tehnicii din țară și străinătate ;

m) analizează modul în care ministerele se preocupă de înlocuirea mașinilor și utilajelor cu uzură fizică și morală avansată, care au un randament scăzut, mențin un preț de cost ridicat și dau o producție de calitate slabă ;

n) controlează și îndrumează activitatea Direcției generale pentru energie, metrologie, standarde și invenții.

A). ALEGEREA TIPURILOR DE PRODUSE CARE URMEAZĂ A FI FABRICATE ȘI A CELOR CARE VOR FI IMPORTATE

3. — Produsele de serie precum și unicatele importante pentru economia națională vor fi însușite în fabricație numai după întocmirea prealabilă a unor *studii tehnico-economice* complete.

Aceste produse de serie sau unicate trebuie să corespundă caracteristicilor tehnice ale produselor similare de înalt nivel tehnic realizate în alte țări.

Nomenclatorul acestor produse va fi întocmit de ministere și celelalte organe centrale, avizat de Comitetul pentru tehnica nouă și aprobat de Consiliul de Miniștri.

4. — Studiul tehnico-economic va fi întocmit :

— de către ministerul sau organul central producător, pentru agregatele, mașinile, utilajele, apa-

ratele şi produsele care au o utilizare generală, precum şi pentru produsele la care acesta este şi beneficiar principal ;

— de către ministerul sau organul central beneficiar cu avizul ministerului producător pentru agregatele, maşinile, utilajele, aparatele şi produsele specifice ramurii respective.

Studiul tehnico-economic va fi avizat de Consiliul tehnico-ştiinţific al ministerului sau organului central care l-a întocmit, şi aprobat de către ministru.

La avizarea studiilor tehnico-economice privind produsele pentru export şi principalele bunuri de consum, la şedinţele consiliilor tehnico-ştiinţifice ale ministerelor vor participa şi reprezentanţi ai Ministerului Comerţului pentru a contribui la asigurarea producerii de către industrie a produselor de calitate corespunzătoare atît pentru export cît şi pentru consumul intern.

Pentru produsele ce se propun a fi incluse în planul tehnic de stat, studiile tehnico-economice vor fi aprobate de către Comitetul pentru tehnica nouă.

5. — Studiul tehnico-economic va cuprinde analiza necesităţilor interne şi a posibilităţilor de export pe o perioadă de circa 5 ani, caracteristicile tehnice şi de exploatare în comparaţie cu performanţele produselor similare din ţările industriale avansate, baza de materii prime necesare, analiza posibilităţilor tehnologice de fabricaţie, preţul de cost estimat al producţiei curente, precum şi alte date din care să rezulte necesitatea, oportunitatea, urgenţa şi rentabilitatea asimilării produsului respectiv.

Studiul tehnico-economic va cuprinde pentru maşini, utilaje, aparate — tema de proiectare, iar pentru materiale — fie tema de cercetare, fie reţeta de fabricaţie.

6. — Ţinînd seama că *modernizarea produselor constituie o sarcină permanentă a tuturor întreprinderilor şi ministerelor,* produsele aflate în fabricaţie curentă vor fi revizuite din punct de vedere al caracteristicilor tehnico-economice, al consumului de materiale şi manoperă şi al durabilităţii lor, pentru a fi aduse la nivelul tehnicii avansate ; propunerile de modernizare vor fi făcute de asemenea pe bază de studii tehnico-economice.

Comitetul de Stat al Planificării, Comitetul pentru tehnica nouă, ministerele şi organele centrale vor prevedea în plan mijloacele materiale necesare pentru realizarea acestei acţiuni.

Pentru prima etapă, ministerele şi celelalte organe centrale vor prezenta Comitetului pentru tehnica nouă un program de modernizări ale produselor în următorii 2 ani, arătînd concret în ce constă modernizarea, calculul tehnico-economic şi planul lucrărilor. Ministerele şi celelalte organe centrale vor comunica semestrial Comitetului pentru tehnica nouă şi Comitetului de Stat al Planificării rezultatele obţinute şi prevederile pentru viitor.

7. — Ministerele şi celelalte organe centrale vor importa maşini, instalaţii tehnologice şi alte produse importante numai pe baza unor studii comparative a produselor similare din diferite ţări, din punct de vedere al caracteristicilor tehnice, al comportării lor în exploatare şi al preţului de cost, astfel ca acestea să fie la nivelul tehnic cel mai înalt, de cea mai bună calitate şi cu eficienţă economică maximă.

B). RESPECTAREA DISCIPLINEI TEHNOLOGICE ŞI ÎMBUNĂTĂŢIREA CALITĂŢII PRODUSELOR

8. — Asimilarea şi fabricarea maşinilor şi utilajelor noi de serie, precum şi a unicatelor importante se va face numai cu aprobarea Consiliului de Miniştri. Nomenclatorul produselor care intră în aceste prevederi se va întocmi de către Comitetul pentru tehnica nouă, în colaborare cu Comitetul de Stat al Planificării pe baza propunerilor ministerelor — şi se va aproba de către Consiliul de Miniştri.

9. — Ministerele şi celelalte organe centrale, comitetele executive ale sfaturilor populare regionale, al Capitalei R. P. Romîne şi al oraşului Constanţa, precum şi întreprinderile vor veghea ca produsele de serie — maşini, utilaje, instalaţii, agregate etc. — să se fabrice numai pe bază de documentaţie tehnică completă, avizată de Comitetul pentru tehnica nouă şi de Comitetul de Stat al Planificării.

De asemenea, producţia bunurilor de consum să se fabrice pe bază de documentaţie completă.

Fabricaţia de serie sau de masă se va începe numai după omologarea prototipurilor şi a seriei zero (cap de serie) aprobată de Consiliul de Miniştri.

Ministerele vor lua măsuri pentru elaborarea documentaţiei tehnice şi a fazelor de asimilare în fabricaţie a produselor, potrivit prevederilor prezentei hotărîri.

10. — În cursul asimilării produselor şi punerii în funcţiune a instalaţiilor tehnologice noi, institutele de cercetări şi proiectări care au participat la conceperea acestora sînt obligate să acorde pînă la omologare, asistenţă tehnică întreprinderilor respective, pentru realizarea caracteristicilor şi calităţii prevăzute de proiect ; institutele de cercetări şi proiectări răspund de realizarea caracteristicilor tehnologice a produselor proiectate.

11. — Pentru lichidarea rămînerii în urmă în unele domenii ale tehnicii, se vor lua măsuri pentru dezvoltarea în institute şi întreprinderi a capacităţilor de studii, cercetări şi proiectări, în vederea găsirii soluţiilor celor mai moderne şi realizării în timpul cel mai scurt a decalajului necesar între proiectare, pregătirea fabricaţiei şi execuţia produselor.

Pentru îmbunătăţirea caracteristicilor constructive ale produselor şi perfecţionarea proceselor tehnologice, *întreprinderile vor organiza, respectiv dezvolta, ateliere de prototipuri, standuri de probă şi laboratoare uzinale de cercetare şi experimentare* cu avizul Comitetului de Stat al Planificării şi Comitetului pentru tehnica nouă ; în aceste unităţi se vor executa şi experimenta şi invenţiile şi inovaţiile care prezintă interes pentru economia naţională.

Pentru asigurarea echipării tehnologice corespunzătoare a proceselor de producție, întreprinderile producătoare de mașini, utilaje, aparate și bunuri metalice de consum vor dezvolta în mod corespunzător capacitatea atelierelor de scule, dispozitive, verificatoare, modele și matrițe, prin regruparea mașinilor existente și completarea cu utilaje și instrumente de calitate superioară.

12. — Pentru asigurarea capacității de cercetare și de proiectare necesară, evitarea paralelismului în proiectări de mașini, utilaje și aparate, precum și pentru raționalizarea și tipizarea acestora, Ministerul Industriei Grele va lua următoarele măsuri :

— Avînd în vedere că ridicarea nivelului tehnic al produselor și asigurarea unei calități corespunzătoare depind în primul rînd de serviciile de concepție din fabrici și uzine, va dezvolta *serviciile constructorului-șef și tehnologului-șef* din întreprinderi. Serviciul constructorului-șef are sarcina de a proiecta mașini și utilaje cu caracteristici constructive și funcționale superioare, bazîndu-se pe cele mai noi cuceriri ale tehnicii și pornind de la cele mai perfecționate mașini și utilaje realizate de tehnica mondială. Serviciul tehnologului-șef va urmări aplicarea procedeelor tehnologice moderne care să asigure calitatea produselor și un preț de cost al acestora cît mai scăzut. Pentru realizarea sarcinilor sporite ce le revin, aceste servicii vor fi încadrate cu cei mai buni ingineri și tehnicieni.

— Pentru asigurarea proiectării produselor noi care se fabrică în mai multe uzine, *unitatea de proiectare din uzina principală (coordonatoare) va îndruma și coordona serviciile constructorului-șef și al tehnologului-șef, va urmări executarea sculelor, dispozitivelor și verificatoarelor celorlalte uzine colaboratoare* pentru ca astfel să se asigure ridicarea nivelului tehnic al produselor.

— Va organiza și dezvolta grupe de cercetări și proiectări care să se ocupe de problemele utilajelor termoenergetice (cazane, motoare etc.).

— Va întări sectorul de cercetare din cadrul Institutului tehnologic pentru construcții de mașini și electrotehnice, astfel ca acesta să poată deservi întreprinderile din ramura constructoare de mașini în problemele sectoarelor primare (turnătorie, forje, sudură).

— Va organiza în termen de un an evidența prin fișe a proiectelor de mașini, utilaje și aparate fabricate în unitățile sale și cele ale altor ministere ; de asemenea va organiza evidența proiectelor întocmite în țară sau obținute din alte țări, care nu au fost aplicate, pentru a se evita repetarea proiectării unor mașini și utilaje care au proiecte întocmite în țară sau obținute din străinătate.

Direcția generală pentru energie, metrologie, standarde și invenții va extinde elaborarea de *proiecte-tip pentru elemente de mașini, utilaje, aparate și instalații* și va lua măsurile pentru aplicarea lor. Proiectele-tip pentru mașini, utilaje, aparate și instalații trebuie să fie întocmite la nivelul tehnicii moderne.

— Va asigura îndeplinirea sarcinilor ce revin Direcției de livrări complexe, care are ca obiect :

contractarea cu beneficiarul a livrării întregului volum de utilaje pentru instalațiile și liniile tehnologice complexe ;

coordonarea întocmirii proiectelor de către beneficiar și de către întreprinderile furnizoare, în conformitate cu graficele stabilite și la nivelul tehnic modern ;

stabilirea în colaborare cu beneficiarul și cu direcțiile generale productive din Ministerul Industriei Grele și alte departamente, a listelor de utilaje și aparataj ce se execută în țară și a celor ce se vor aduce prin import, obținînd avizele legale necesare ;

contractarea cu întreprinderile producătoare și cele de comerț exterior a utilajelor și aparaturii necesare ;

urmărirea realizării de către întreprinderi a utilajelor și aparaturii la nivelul tehnic și calitatea prescrisă în proiect ;

urmărirea desfășurării montajului general și a acordării de către întreprinderile furnizoare de utilaje și aparatură a ajutorului tehnic stabilit prin contracte ;

urmărirea modului de funcționare a instalațiilor în perioada de rodaj și a îndeplinirii de către întreprinderile furnizoare a obligațiilor ce le revin pentru asigurarea funcționării optime a instalațiilor livrate.

— Va prelua treptat, în termen de 1—2 ani, de la ministerele beneficiare, proiectarea mașinilor, utilajelor și aparatelor care se produc sau se vor produce în întreprinderile sale. Numai în cazuri excepționale proiectele de execuție ale utilajelor și instalațiilor specifice ale unor ramuri industriale (chimică, materiale de construcții, ușoară etc.) și cu caracter unical se vor putea executa de către beneficiar, cu acordul producătorului de utilaje.

Comitetul pentru tehnica nouă va urmări desfășurarea acestei acțiuni în vederea asigurării continuității și a nivelului tehnic al produselor.

13. — Ministerele și întreprinderile beneficiare, o dată cu comanda, vor preda ministerului producător și tema de proiectare cu toate elementele necesare, precum și orice altă documentație ajutătoare după care să se poată stabili nivelul tehnic al produsului și să se poată întocmi proiectele de execuție.

14. — Pentru asigurarea bunei calități a produselor, reducerea normelor de consum și micșorarea rebuturilor, Ministerul Industriei Grele și celelalte ministere și organe centrale vor extinde fabricarea aparatelor de măsură și control necesare conducerii raționale a proceselor tehnologice și vor asigura întreținerea și repararea acestora. Direcția generală pentru energie, metrologie, standarde și invenții va urmări aducerea la îndeplinire a acestei sarcini, sub conducerea Comitetului pentru tehnica nouă.

C). ASIGURAREA NIVELULUI TEHNIC ÎN SECȚIILE ȘI FABRICILE NOI

15. — La alegerea soluțiilor pentru investiții în unitățile industriale noi și la dezvoltarea întreprinderilor existente ministerele vor lua măsuri pentru adîncirea studiilor tehnico-economice care fundamentează tema de proiectare, în vederea asigurării celui mai înalt nivel tehnic al acestora.

16. — În devizul proiectului investiției respective se vor include și fondurile necesare pentru documentare și experimentare, precum și fondurile pentru perioada de rodaj pînă la atingerea regimului normal de lucru.

În cazul importului de instalații complexe, încheierea contractului economic se va face numai după avizarea de către Comitetul de Stat al Planificării, iar în ce privește nivelul tehnic al instalațiilor respective și de către Comitetul pentru tehnica nouă.

17. — La analiza studiilor, proiectelor și ofertelor din străinătate, ministerele vor lua măsuri pentru verificarea prealabilă a proceselor tehnologice și a funcționării utilajelor la furnizor. Verificarea și funcționarea utilajului se va face cu materia primă prevăzută pentru aprovizionarea instalației.

18. — În scopul ridicării nivelului tehnic al montajului, întreprinderile furnizoare de instalații și agregate principale își vor constitui, după caz, unități de montaj exterior, sau vor acorda, la cererea celorlalte organizații de montaj, asistență tehnică la montarea agregatelor și la punerea lor în funcțiune.

19. — Pentru a asigura, de la început, buna funcționare a întreprinderilor și secțiilor noi, principalele cadre care le vor deservi vor participa la lucrările de montaj ale instalațiilor respective.

D). PROFILAREA ȘI SPECIALIZAREA ÎNTREPRINDERILOR

20. — *Una din condițiile cele mai importante pentru ridicarea nivelului tehnic al producției și pentru îndeplinirea cu succes a sarcinilor de plan o constituie dezvoltarea continuă a profilării și specializării întreprinderilor din toate ramurile economiei naționale.* Deși în ultimul timp s-au obținut anumite realizări în acest domeniu, totuși profilarea și specializarea în producție a întreprinderilor trebuie extinse, ținîndu-se seama că mai sînt încă multe produse care se realizează în paralel, în întreprinderi diferite, cu prețuri ridicate.

În vederea creării condițiilor pentru realizarea de produse de calitate superioară și mai ieftine, ministerele — pe baza studiilor întocmite pentru planul de perspectivă — vor reactualiza profilul de durată al întreprinderilor pe un nomenclator de produse mai restrîns, concentrînd cît mai mult posibil produsele similare sau de același gen, asigurînd prin aceasta și dezvoltarea cooperării între întreprinderile specializate.

Propunerile de profilare ale întreprinderilor vor fi prezentate de către ministere — cu avizul Comitetului de Stat al Planificării și al Comitetului pentru tehnica nouă — spre aprobare Consiliului de Miniștri.

După profilarea întreprinderilor, introducerea și scoaterea unor produse din profilul acestor întreprinderi se va face numai pe bază de studii tehnico-economice avizate de Comitetul de Stat al Planificării și aprobate de Consiliul de Miniștri.

21. — În vederea îmbogățirii sortimentului și dezvoltării producției la necesarul în perspectivă al întregii economii naționale, Ministerul Industriei Grele, în colaborare cu celelalte ministere, va revedea specializarea unor secții și întreprinderi din ramura constructoare de mașini producătoare de ansamble, subansamble și piese tipizate de folosință generală.

22. — În vederea asigurării necesarului de piese turnate și forjate al întregii economii, Ministerul Industriei Grele, în colaborare cu celelalte ministere interesate, vor lua măsuri pentru profilarea și specializarea turnătoriilor și forjelor mai mari.

E). COOPERAREA ÎNTREPRINDERILOR

23. — Pentru ridicarea la o treaptă superioară a cooperării în producție, atît în cadrul unui singur minister cît și între ministere, Ministerul Industriei Grele, Ministerul Industriei Petrolului și Chimiei, precum și Ministerul Industriei Bunurilor de Consum, vor prezenta Consiliului de Miniștri, în termen de 60 zile, un regulament cu privire la cooperarea întreprinderilor în realizarea de mașini, utilaje și instalații tehnologice complexe după principiul uzinei coordonatoare care răspunde de livrarea în termen, de nivelul tehnic și de calitatea întregii instalații.

Regulamentul va prevedea relațiile între uzina coordonatoare și cele cu care cooperează.

Pentru aceasta, uzina coordonatoare va organiza un *consiliu coordonator* și, după necesități, grupe de cercetare și proiectare, precum și unități de montaj exterior.

Consiliul coordonator va fi condus de directorul uzinei coordonatoare ajutat de directorul tehnic sau inginerul șef al uzinei coordonatoare, fiind compus din directorii tehnici sau inginerii șefi și șefii serviciilor de producție ai uzinelor colaboratoare.

Consiliul coordonator va urmări calitatea produselor fabricate, a materialelor folosite, a prelucrării și aspectul exterior al produselor, precum și livrarea în termen a subansamblelor, de la uzinele colaboratoare, pe bază de grafic, astfel încît produsul finit să poată fi livrat la termenul planificat.

Consiliul coordonator analizează prețul de cost pe toate elementele sale și pe toate subansamblele produsului, în vederea reducerii acestuia. Pe baza acestor analize va face propuneri de reducere a prețului de cost ministerelor de resort, care vor da sarcini corespunzătoare întreprinderilor din subordinea lor.

Consiliul coordonator poate lua măsuri în vederea acordării ajutorului tehnic uzinelor colaboratoare, prin punerea la dispoziție a documentației tehnice, a unor procedee tehnologice perfecționate, scule și dispozitive adecvate și la nevoie — prin transfer — chiar a unor utilaje.

24. — Ministerul Finanțelor și Comitetul de Stat pentru Prețuri vor propune Consiliului de Miniștri măsuri cu privire la prețurile cu ridicata ale produselor realizate prin cooperare astfel încît acestea să devină o pîrghie pentru extinderea și intensificarea cooperării în producție.

F). EXTINDEREA MECANIZĂRII ȘI AUTOMATIZĂRII

25. — Ministerele și întreprinderile, pe bază de studii tehnico-economice, vor lua măsuri pentru *extinderea mecanizării lucrărilor grele și cu volum mare de muncă,* introducînd sistemele și utilajele care dau în ramura respectivă cea mai mare eficacitate economică.

26. — Ministerul Industriei Grele va lua măsuri pentru dezvoltarea fabricației utilajelor de mecanizare a transporturilor interne pe bază de proiecte tip în întreprinderile specializate, stabilind o uzină coordonatoare care să execute montajul general al instalațiilor de mecanizare.

27. — Avînd în vedere condițiile materiale care se creează prin însușirea fabricației de semiconductori și de aparatură de automatizare, precum și prin înființarea întreprinderii „Automatica" cu profil complex pentru lucrările de automatizare, ministerele și întreprinderile, în colaborare cu această întreprindere, vor studia și propune introducerea în planurile anuale a lucrărilor de automatizare, în primul rînd a proceselor de producție cu caracter de masă și ciclu continuu.

G). CERCETĂRI, DOCUMENTARE TEHNICĂ

28. — Ministerele vor lua măsuri pentru *aplicarea în producție a rezultatelor cercetărilor tehnico-științifice încheiate,* care au dus la rezultate pozitive și care au fost caracterizate ca atare de consiliile tehnice din ministere și vor urmări aplicarea acestor cercetări în procesul de producție din întreprinderi.

29. — Ministerele, în colaborare cu Institutul de Documentare Tehnică, vor lua măsuri pentru *îmbunătățirea documentației tehnice,* prin procurarea celor mai recente și mai corespunzătoare publicații.

În scopul aplicării cît mai rapide și cu maximum de eficiență a rezultatelor obținute în tehnica modernă, Institutul de Documentare Tehnică va întocmi — la cererea uzinelor — studii aprofundate și de sinteză asupra diferitelor probleme care intervin direct în procesul de producție. Rezultatele acestor studii vor fi predate uzinelor respective sub formă de fișe, alcătuite atît pentru uzul inginerilor cît și la nivelul de cunoștințe al maiștrilor, în vederea aplicării lor pentru ridicarea nivelului tehnic al procesului de producție. Costul acestor lucrări trebuie să fie cît mai redus și va fi suportat din regia generală a întreprinderilor.

Institutul de Documentare Tehnică, în colaborare cu ministerele interesate, va prezenta spre aprobare Consiliului de Miniștri un regulament cu privire la desfășurarea activității organelor de documentare din ministere, instituții și întreprinderi în vederea unei mai bune organizări și coordonări a elaborării și, în special, a folosirii documentației tehnice.

H). MĂSURI PENTRU STIMULAREA INTRODUCERII TEHNICII NOI

30. — Ministerele vor lua măsuri pentru întărirea organizatorică a direcțiilor lor tehnice, asigurînd încadrarea acestora cu tehnicieni de cea mai înaltă calificare.

Direcțiile tehnice din ministere au ca sarcină principală introducerea tehnicii noi.

31. — În ministerele economice, un adjunct al ministrului se va ocupa de problemele introducerii tehnicii noi, care va fi ajutat în această muncă de direcția tehnică și de consiliul tehnic științific al ministerului.

32. — Se vor întări serviciile tehnice din întreprinderi prin încadrarea cu specialiști de înaltă calificare.

Serviciile tehnice se vor ocupa de informarea și documentarea tehnică necesară.

33. — Ministerele, celelalte organe centrale vor asigura ca în posturile de directori ai institutelor de cercetări științifice să fie numite cadre care ocupă un loc de frunte și se bucură de un înalt prestigiu în rîndurile lucrătorilor din domeniul științei. Anual se va face analiza activității institutelor de cercetări științifice ; *aprecierea rezultatelor se va face potrivit îndeplinirii planului de cercetări și gradului de aplicare în producție a lucrărilor terminate.*

34. — Comitetul de Stat al Planificării, Comitetul pentru tehnica nouă, Ministerul Finanțelor și ministerele interesate vor propune Consiliului de Miniștri măsuri în vederea îmbunătățirii și stimulării introducerii tehnicii noi în întreprinderi.

35. — În vederea stimulării orientării celor mai buni ingineri și tehnicieni către munca de concepție, se vor lua măsuri pentru îmbunătățirea retribuirii muncii personalului din serviciile constructorului-șef, tehnologului-șef și metalurgului-șef.

36. — Pentru stimularea colectivelor de muncitori, ingineri, tehnicieni și economiști din întreprinderi, institute de cercetări și proiectări, ateliere de prototipuri, stații-pilot, în realizarea sarcinilor prevăzute în planul tehnic, *se instituie fondul de premiere pentru introducerea tehnicii noi.* Acesta se constituie prin planul anual, pe fiecare minister sau organ central în raport cu importanța sarcinilor planificate pentru anul respectiv, putînd ajunge pînă la 0,5 la sută din fondul de salarii al ramurii, iar pentru industria constructoare de mașini pînă la 1 la sută.

★

Introducerea progresului tehnic în toate ramurile economiei naționale este o sarcină a tuturor oame-

nilor muncii din țara noastră, care cere o intensă activitate organizatorică din partea organelor de partid, de stat, sindicale și de tineret.

Experiența noastră arată că acolo unde introducerea progresului tehnic este condusă de *organizațiile de partid,* se dezvoltă inițiativa creatoare a maselor, se obține o înaltă organizare a producției, iar progresul tehnic devine cauza fiecărui om al muncii.

Organele și organizațiile de partid sînt chemate să conducă lupta pentru asigurarea introducerii continue a progresului tehnic în economia națională, a extinderii mecanizării și introducerii automatizării, să se îngrijească îndeaproape de nivelul tehnic al produselor de care depind calitatea și prețul de cost și să ia atitudine fermă împotriva actelor de formalism și nepăsare față de tehnica nouă, împotriva rutinei și altor atitudini negative care împiedică introducerea și extinderea tehnicii avansate.

Pe baza însușirii unor cunoștințe multilaterale în domeniul realizărilor tehnicii și științei, cadrele de partid și de stat pot și trebuie să conducă acțiunea de perfecționare a proceselor de producție, pentru continua creștere a înzestrării tehnice a muncii și realizarea treptată a mecanizării și automatizării proceselor de producție.

Organele și organizațiile de partid trebuie să exercite un control calificat și permanent asupra felului cum se desfășoară munca de cercetare în întreprinderi, laboratoare și institute, asupra felului cum se realizează sarcina de creștere a nivelului tehnic și de îmbunătățire a calității produselor, precum și asupra modului cum se dezvoltă și se întărește cooperarea între întreprinderi.

Sindicatele au sarcina de a lupta pentru însușirea celor mai noi realizări ale științei și tehnicii și de a se preocupa de creșterea calificării și ridicarea nivelului de cunoștințe tehnice al muncitorilor, maiștrilor, tehnicienilor și inginerilor. Fără continua ridicare a calificării și creșterea cunoștințelor tehnice este de neconceput însușirea tehnicii noi. *În organizarea întrecerii socialiste este necesar ca organele să-și concentreze atenția asupra problemelor de tehnică nouă* ; la încheierea rezultatelor întrecerii socialiste trebuie neapărat să se arate modul cum au fost îndeplinite sarcinile privitoare la introducerea și extinderea tehnicii noi, astfel ca întrecerea socialistă să devină un factor important în lupta pentru introducerea progresului tehnic. Organele sindicale trebuie să se ocupe intens de dezvoltarea mișcării de inovații și raționalizări.

Organizațiile U.T.M. au sarcina de a îndruma tineretul pentru ridicarea calificării la nivelul cerințelor progresului tehnic. Elanul caracteristic tineretului nostru trebuie mobilizat în direcția însușirii tehnicii înaintate și aplicării acesteia în producție.

În centrul preocupărilor organelor și organizațiilor de partid, a organizațiilor de masă și a tuturor cadrelor din economie trebuie să stea introducerea tehnicii noi, ca un mijloc principal de creștere a productivității muncii, de reducere a consumurilor specifice de materii prime, materiale și combustibil, creșterea calității producției și scăderea prețului de cost în vederea dezvoltării mai departe a economiei naționale și creșterea nivelului de trai al oamenilor muncii din țara noastră.

Comitetul Central al Partidului Muncitoresc Romîn

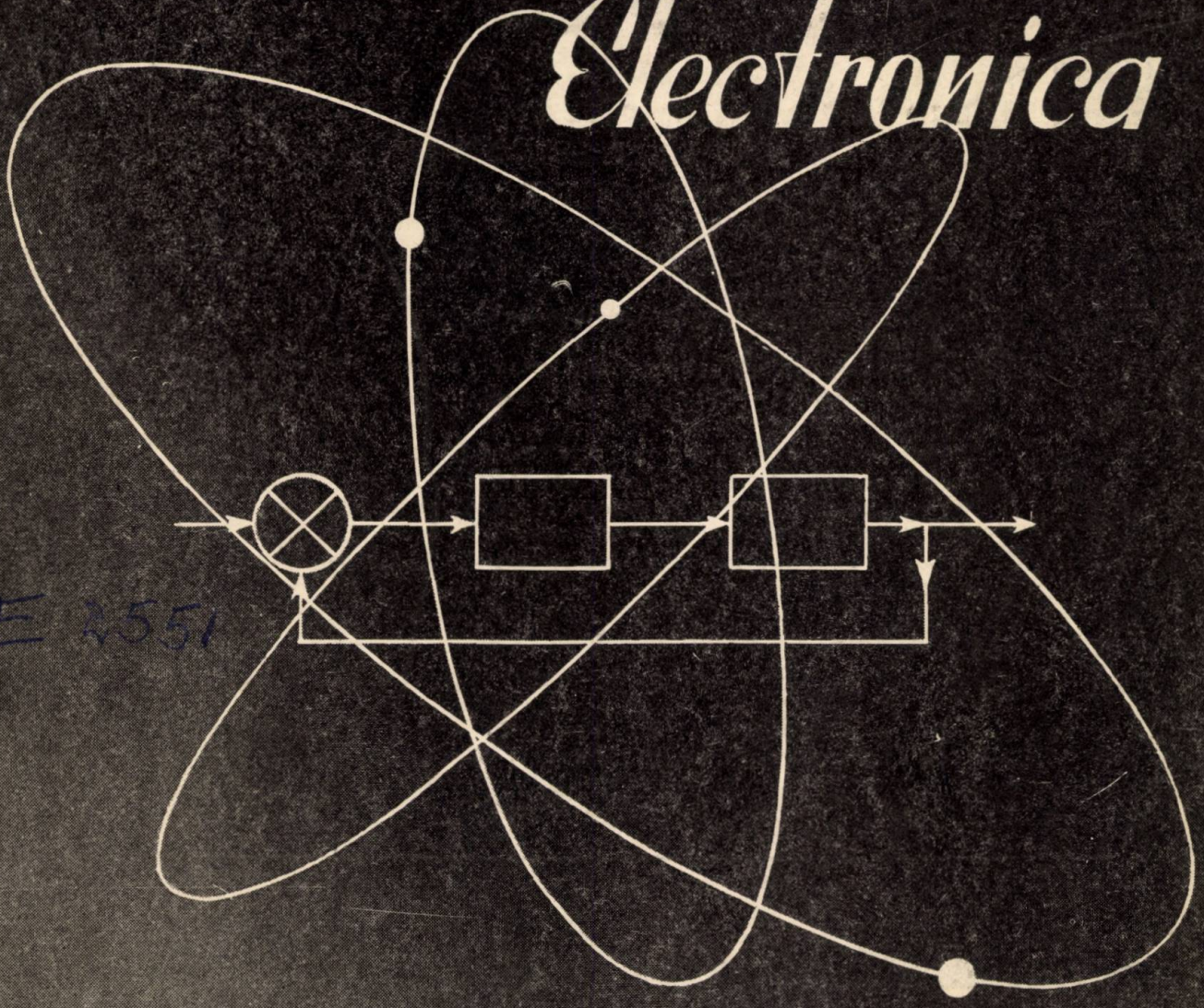
GHEORGHE GHEORGHIU-DEJ

Consiliul de Miniștri al Republicii Populare Romîne

CHIVU STOICA

I. P. 2, c. 2813

Automatica și Electronica



E 2551

VOL. 4
1960
Nr. 5
SEPTEMBRIE
OCTOMBRIE
P. 193 — 240
BUCUREȘTI

PARIS - 9 - 17 MAI 1961

MESUCORA

Expoziţie internaţională
TEHNICA MĂSURĂTORILOR ŞI REGLĂRII
CONTROL - AUTOMATIZARE

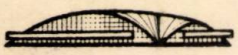
DE 20 DE ANI

Cercetările de fizică au avut un rol hotărîtor în dezvoltarea accelerată a unui mare număr de domenii industriale.
S-au perfecţionat mult metodele de măsură şi control datorită îmbunătăţirii aparatelor şi instalaţiilor.
Specializarea producţiei şi automatizarea, discipline ştiinţifice noi au făcut posibilă fabricarea produselor de calitate înaltă şi în acelaşi timp să se reducă preţul de cost.

PENTRU PRIMA DATĂ ÎN FRANŢA

De la 9 la 17 mai 1961 va avea loc în cadrul Centrului Naţional al Industriei şi Tehnicii din Paris o expoziţie industrială pentru aparate şi metode de control, măsuri, reglare şi automatizare care va oglindi importanţa deosebită şi legătura acestor noi mijloace tehnice în industrie, laboratoare, centre de cercetări.
Totodată se vor prezenta ultimele descoperiri şi instalaţii ale cercetării teoretice şi experimentale.

ACEASTĂ MANIFESTARE ESTE PATRONATĂ DE COMITETUL ASOCIAŢIEI DE TEHNICA MĂSURĂTORILOR, CONTROLULUI ŞI REGLĂRII



Informaţii, precomenzi: Palais du C.N.I.T. - PUTEAUX - SABlons 78 - 10. Serviciu de informaţii al presei şi publicului: 40, rue du COLISÉE PARIS - BALzac 67-96

CONGRESUL INTERNAŢIONAL CU EXPOZIŢIA PENTRU TEHNICA MĂSURĂTORILOR ŞI AUTOMATIZARE

INTERKAMA 1960

DÜSSELDORF, 19—26 OCTOMBRIE 1960
Societate nordvestgermană pentru expoziţii Düsseldorf — Parcul expoziţiei — Telex: 0858 4853 Nowea Düsseldorf

E 2551

Automatica și Electronica

Vol. 4 (1960) nr. 5 (septembrie—octombrie), p. 193—240

CUPRINS

CZ 621—523. :621—533.65

ŞARLEA, I. :

Regulatorul electronic proporţional-integral de tip IR—130

Automatica şi electronica, 4 (1960) nr. 5, p. 193—201

Se prezintă caracteristicile tehnice ale regulatorului, domeniile de folosire, principiul de funcţionare şi părţile constitutive.

CZ 621.398

TUDOROIU, V. :

Asupra metodelor de selecţie a obiectelor dispersate

Automatica şi electronica, 4 (1960) nr. 5, p. 202—207.

Se analizează metodele de selecţie a obiectelor dispersate trăgîndu-se concluzii asupra sistemului de adoptat

---

CZ 881.142—523.8

TĂNĂSESCU, T. :

Maşinile electronice de calcul analogic faţă de maşinile electronice de calcul numeric.

Automatica şi electronica, 4 (1960) nr. 5, p. 207—211

Se încearcă să se traseze o orientare în alegerea tipului de maşină cel mai potrivit pentru diferite categorii de probleme.

CZ 621.315.592.(R)

STERE, R. :

Realizarea şi utilizarea dispozitivelor semiconductoare în R.P.R.

Automatica şi electronica, 4 (1960) nr. 5, p. 211—217.

Se expune posibilitatea de realizare şi utilizare în ţară a dispozitivelor semiconductoare în electrotehnica curenţilor tari, radio şi telecomunicaţii, electronica industrială, automatică şi telemecanică.

CZ 681.142—523.8

ENDES, I. :

Posibilităţi de utilizare a dispozitivelor numerice pentru realizarea elementelor neliniare din calculatoare analogice.

Automatica şi electronica, 4 (1960) nr. 5, p. 217—222.

Se examinează posibilitatea realizării de trensformatoare funcţionale pe cale directă şi condiţiile pentru a realiza diferite operaţii într-un calculator analog

---

CZ 621.374.5

ŢINŢĂ, FL. :

Linii elicoidale de întîrziere şi formare în domeniul nanosecundelor.

Automatica şi electronica, 4 (1960) nr. 5, p. 222—226.

Se prezintă utilizarea liniilor elicoidale de întîrziere în domeniul nanosecundelor.

PENTRU TINARUL INGINER

CZ 621—53

CĂLUSIŢĂ, M. :

Sistemele de reglare tip releu sau contactor

Automatica şi electronica, 4 (1960) nr. 5, p. 226—237.

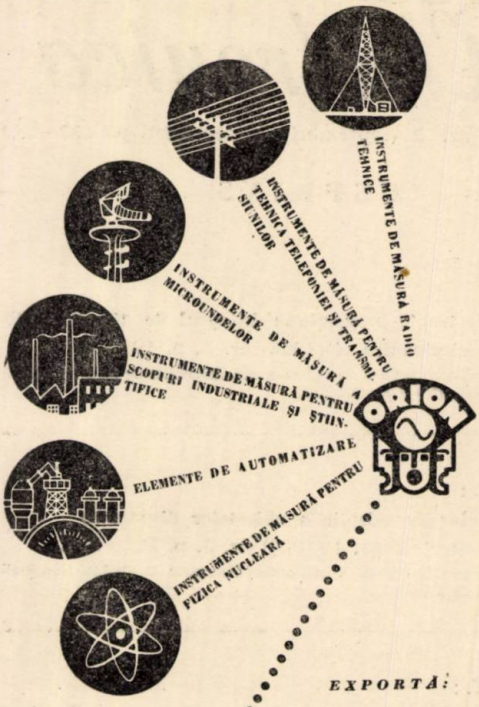
CZ 621—523.8 : 621.791.75

TOMA, C. :

Sudarea prin cusătură cu comandă electronică.

Automatica şi electronica, 4 (1960) nr. 5. p. 237—240.

INSTRUMENTE DE MĂSURĂ ELECTRONICE
pentru toate ramurile științei și industriei



EXPORTĂ:

METRIMPEX

ÎNTREPRINDERE UNGARĂ DE COMERȚ EXTERIOR PENTRU PRODUSELE INDUSTRIEI DE INSTRUMENTE

Adresa pentru scrisori: BUDAPESTA, CĂSUȚA POȘTALĂ 202 UNGARIA
Adresa telegrafică: INSTRUMENT BUDAPEST

Revista AUTOMATICA ȘI ELECTRONICA, organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. Editor: Asociația Științifică a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. Redacția și Administrația: București, Str. Ion Ghica Nr. 3, Raion Tudor Vladimirescu. Telefon: 14.15.95, 14.06.24. Redacția își rezervă toate drepturile privind lucrările precum și materialul grafic-ilustrativ apărut în revistă, cît și cele privitoare la traducerea în limbi străine. Se admit extrase sau comentarii numai cu indicarea completă a sursei. Revista apare o dată la două luni. Abonamentele se primesc la administrația revistei, la sediile filialelor ASIT din întreaga țară precum și la responsabilii cu presa din cercurile ASIT. Instituțiile și întreprinderile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinete tehnice în contul nostru de virament: Publicațiile Tehnice ASIT 070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin. Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual; individual: lei 30 anual. Prețul unui exemplar: lei 5. Tiparul: Întreprinderea Poligrafică nr. 2, București.

Automatica și Electronica

REVISTĂ TEHNICO-ȘTIINȚIFICĂ DE AUTOMATICĂ, ELECTRONICĂ INDUSTRIALĂ ȘI TEHNICĂ NUCLEARĂ

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.

Vol. IV (p. 193—240) Nr. 5, septembrie — octombrie București, 1960

MŰSZAKI KÖNYVTÁR 1883

IOAN ȘARLEA*

Regulatorul electronic proporțional — integral de tip IR-130

CZ 621—523.8 : 621—533.65

După cum se știe, unul dintre parametrii cel mai frecvent supuși reglării automate este temperatura. Printre regulatoarele utilizate la reglarea temperaturii este și regulatorul electronic proporțional-integral de tip IR-130, conceput și realizat de specialiștii sovietici de la „Laboratorul Central de Automatică" din Moscova. Acest regulator este foarte răspîndit în U.R.S.S. în uzinele metalurgice. Regulatoare de acest tip, importate din U.R.S.S. sînt utilizate și la noi în țară pentru reglarea proceselor termice la uzinele metalurgice din Roman.

Regulatorul de tip IR-130 este un regulator universal putîndu-se utiliza la reglarea automată nu numai a temperaturii dar și a altor parametri. El funcționează în complet cu un potențiometru electronic automat sau cu o punte electronică automată și cu un servomotor electric care la cereri speciale se pot livra împreună cu regulatorul.

Potențiometrul sau puntea trebuie să fie prevăzute cu un dispozitiv de programare și cu un traductor programator de tip reostatic cu rezistența de 120—140 Ω și zona de proporționalitate de 10% sau 20% [2].

Acțiunea regulatorului asupra elementului de execuție este echivalentă cu acțiunea concomitentă a două dispozitive elementare de automatizare : unul proporțional și celălalt integral.

Dispozitivul elementar de automatizare proporțional, comandă elementul de execuție prin intermediul servomotorului M_a; cel integral prin intermediul motorașului reversibil M_i de tip D-32 acționează asupra traductorului legăturii inverse a părții proporționale imprimînd procesului de reglare o caracteristică astatică.

Variind gradul de participare a acestor două dispozitive elementare de automatizare la procesul de reglare automată se poate obține cea mai bună calitate a procesului de reglare. Cu alte cuvinte variind gradul de participare a acestor două dispozitive la procesul de reglare automată putem acorda regulatorul la diferite procese.

Acționarea regulatorului depinde de următorii factori :

1) de mărimea și semnul abaterii parametrului de reglat de la valoarea prescrisă a mărimii de ieșire ;

2) de durata acestei abateri ;

3) de viteza de variație a parametrului supus reglării.

Regulatorul este prevăzut cu două dispozitive de acordare care ne permit să variem gradul de participare a celor două dispozitive elementare ale regulatorului și anume :

a) gradul de neegalitate, care determină participarea relativă la proces a dispozitivului de automatizare proporțional ;

b) timpul de dublare, care determină participarea relativă la proces a dispozitivului de automatizare integral.

Limitele de acordare a gradului de neegalitate a regulatorului de tip IR-130 sînt de la 2% la 100% , iar cele ale timpului de dublare sînt de la 0 la 100%.

Zona de insensibilitate a regulatorului este aproximativ de 0,2% din diferența limitelor scării aparatului secundar de măsură, care-i prevăzut cu un traductor programator de tip reostatic cu o zonă de proporționalitate de 10% pentru valorile medii ale gradului de neegalitate.

Zona de insensibilitate la valori mici ale gradului de neegalitate se micșorează puțin, iar la valori mari ale gradului de neegalitate se mărește și ea.

Alimentarea regulatorului se efectuează de la rețeaua de curent alternativ la o tensiune de 220 V.

* Ing. I. ȘARLEA este conferențiar la Institutul Politehnic-București

Puterea absorbită de regulator de la reţea este de aproximativ 60 V A [2].

Schema principială a regulatorului de tip IR-130 este dată în fig. 1.

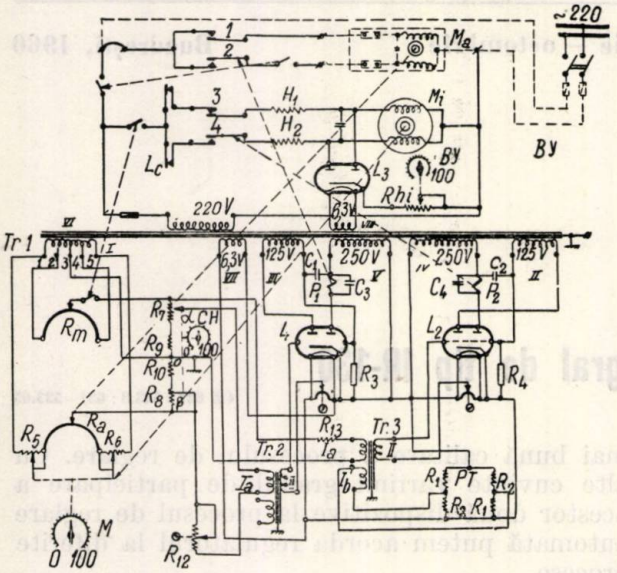


Fig. 1. Schemă principială a regulatorului IR-130.

I. Părţile principale constitutive ale regulatorului IR-130

A. *Dispozitivul elementar de automatizare proporţional*

Această parte a regulatorului se compune din : a) puntea de măsură ; b) dispozitivul de legătură inversă rigidă ; c) releul electronic ; d) servomotorul M_a care are o viteză constantă şi care acţionează prin intermediul unui reductor de turaţie asupra elementului de execuţie.

După cum se vede din fig. 1, puntea de măsură a dispozitivului de automatizare proporţional constituie o parte a unei punţi duble alimentată de înfăşurarea *VI*-a a transformatorului Tr_1 ; din această punte fac parte : traductorul programator de tip reostatic R_m, partea din înfăşurarea *VI*-a a transformatorului Tr_1 cuprinsă între punctele *2* şi *4* şi rezistenţele R_7 şi R_9.

Traductorul programator R_m este un element suplimentar al punţii automate sau al potenţiometrului automat şi cursorul său aşa cum se vede din fig. 2 este cinematic cuplat cu acul indicator *15* al punţii sau al potenţiometrului automat şi cu acul *9*, care ne indică valoarea prescrisă a parametrului supus reglării. Astfel, în timpul funcţionării regulatorului, atunci cînd valoarea parametrului supus reglării este cea prescrisă, acest cursor al traductorului va ocupa poziţia de mijloc. La o abatere a parametrului supus reglării, în cazul nostru la o abatere a temperaturii de la valoarea prescrisă, cursorul traductorului programator R_m se va deplasa din poziţia de mijloc cu un unghi α' proporţional cu abaterea θ.

$$\text{deci } \alpha' = k_1\theta \qquad \text{în care } \theta = \vartheta - \vartheta_p$$

ϑ fiind valoarea instantanee a temperaturii iar ϑ_p valoarea prescrisă a temperaturii.

În fig. 2 este redată schema cinematică a punţii electronice automate de tip MVPS-69 (aparat secundar în complet cu care regulatorul de tip IR-130 poate funcţiona). În schemă se văd elementele suplimentare care au fost adăugate punţii pentru ca ea să poată funcţiona în complet cu regulatorul IR-130. Aceste elemente sînt : traductorul programator *TP*, acul indicator *9*, maneta *8*, diferenţialul *D* şi discul de acţionare *6* solidar cuplat cu sectorul dinţat *5* care prin intermediul rotiţei dinţate *4* acţionează asupra cursorului *2* al traductorului programator *TP*. În fig. 2 s-au notat cu *7*, *10* şi *12* pinioanele diferenţialului *D*.

Din punct de vedere al reglării automate mărimea de intrare a punţii de măsură este unghiul α' de abatere a cursorului traductorului programator R_m faţă de poziţia lui de mijloc, iar mărimea de ieşire a punţii este căderea de tensiune pe rezistenţele R_7 şi R_9 cuprinsă între cursorul potenţiometrului R_7 şi 0 (priza de nul reprezentată prin punctul *3* al înfăşurării *VI* a transformatorului Tr_1).

Această cădere de tensiune U'_m la abateri mici ale poziţiei cursorului traductorului programator R_m va fi proporţională cu α', iar faza

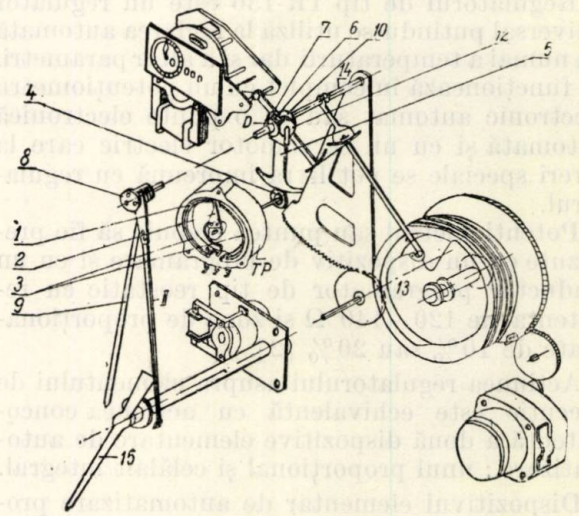


Fig. 2. Schema cinematică a punţii electronice automate de tip MVPS-69.

ei se va schimba cu π atunci cînd α' îşi va schimba semnul.

Putem deci scrie că $U'_m = k_2\,\alpha'$ în care k_2 este un coeficient ce depinde de gradul de neegalitate *CH*.

Tensiunea U'_m aplicînd-o înfăşurării primare a transformatorului Tr_2 va comanda acţionarea releului electromagnetic de tip tele-

fonic P_1 şi ca urmare a acestei comenzi servomotorul M_a va începe să deplaseze elementul de execuţie fie în sensul închiderii complete, fie în sensul deschiderii complete a admisiei agentului termic, în funcţie de faza acestei tensiuni.

Prin intermediul traductorului R_a, care face parte din puntea dublă alimentată de înfăşurarea VI-a a transformatorului Tr_1 se realizează o legătură inversă rigidă. Cursorul acestui traductor reostatic este cuplat cinematic cu servomotorul M_a.

Scopul aceste legături inverse este de a transmite la înfăşurarea primară a transformatorului Tr_2 un semnal care să fie în opoziţie de fază cu semnalul U'_m şi astfel să oprească posibilitatea suprareglării.

Pentru a înţelege mai uşor funcţionarea legăturii inverse rigide să presupunem că potenţiometrele R_5 şi R_6 legate în serie cu traductorul R_a şi ale căror cursoare cuplate mecanic între ele şi acţionate de motoraşul M_i de tip D-32 ocupă poziţia de mijloc (fig. 1) iar motoraşul M_i nu funcţionează.

În acest caz deplasarea cursorului traductorului R_a din poziţia de mijloc cu un unghi β' va determina apariţia unei diferenţe de potenţial între cursorul acestui traductor şi punctul 0. La abateri mici ale cursorului această diferenţă de potenţial va fi proporţională cu unghiul β' iar faza ei se va schimba cu π cînd β' îşi va schimba semnul.

$$\text{Deci } U_r = k_3\,\beta'$$

în care k_3 este un coeficient dependent de gradul de neegalitate CH.

În timpul funcţionării regulatorului deplasarea elementului de execuţie va determina o astfel de deplasare a cursorului traductorului R_a încît tensiunea U_r va fi întotdeauna defazată cu π faţă de tensiunea U'_m şi în consecinţă tensiunile U'_m şi U_r transmise înfăşurării primare a transformatorului Tr_2 se vor scădea.

Astfel tragem concluzia că în cazul nefuncţionării motoraşului M_i la un anumit grad de neegalitate dat, fiecărei poziţii a cursorului traductorului programator R_m îi corespunde o poziţie bine determinată a cursorului traductorului R_a, care echilibrează această punte dublă.

Aceste caracteristici ale regulatorului ridicate experimental, pentru cazul cînd circuitul motoraşului M_i este întrerupt iar cursoarele potenţiometrelor R_5 şi R_6 ocupă poziţia de mijloc, sînt trasate în fig. 3*.

* În fig 3, $\alpha = \frac{\Delta R_m}{R_m}$ şi $\beta = \frac{\Delta R_a}{R_a}$ în care R_m şi R_a sînt valorile întregii rezistenţe R_m respectiv R_a. Se înţelege că la o altă scară $\beta = f(\alpha)$ reprezintă $\beta' = f(\alpha')$.

Analizînd aceste curbe se poate vedea efectul pe care-l are variaţia gradului de neegalitate CH, atunci cînd acordăm regulatorul.

Releul electronic al părţii proporţionale comandă servomotorul M_a care acţionează asupra

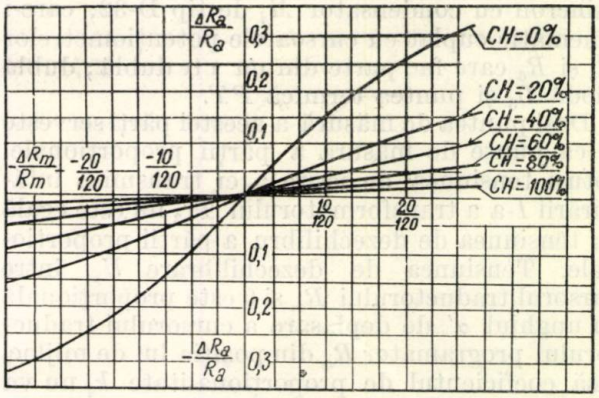


Fig. 3. Caracteristicile $\beta = f(\alpha)$ pentru CH = constant.

elementului de execuţie în funcţie de semnalul primit de la puntea dublă.

Cum rezultă din fig. 1, releul electronic reprezintă un amplificator cu două etaje de amplificare sensibil la fază.

El se compune din transformatorul Tr_2, dubla triodă L_1 şi din releul electromagnetic de tip telefonic P_1 a cărui bobină este conectată în circuitul anodic al triodei din dreapta a dublei triode L_1.

Releul telefonic este prevăzut cu două perechi de contacte, una care închide circuitul servomotorului M_a în sensul închiderii elementului de execuţie şi cealaltă care închide circuitul servomotorului M_a în sensul deschiderii elementului de execuţie.

Cînd tensiunea la înfăşurarea secundară a transformatorului Tr_2 este zero prin bobina releului P_1 va trece un anumit curent mediu. Releul P_1 este însă astfel acordat încît la trecerea acestui curent mediu prin bobina sa ambele perechi de contacte vor fi deschise şi deci servomotorul va fi deconectat.

La o deplasare a cursorului traductorului programator într-o parte sau alta faţă de poziţia de echilibru a punţii duble va apărea o tensiune de dezechilibrare a punţii care prin intermediul transformatorului Tr_2 şi a dublei triode L_1 va determina în cele din urmă micşorarea sau mărirea curentului mediu care trece prin bobina releului P_1. Această variaţie a curentului mediu din bobina releului P_1 va face ca acesta să-şi închidă o pereche de contacte sau cealaltă pereche şi astfel să comande acţionarea servomotorului M_a care va deplasa şi cursorul traductorului R_a în sensul restabilirii echilibrului punţii duble.

Gradul de insensibilitate a releului va determina şi gradul de insensibilitate a regulatorului.

B. *Dispozitivul elementar de automatizare integral al regulatorului* IR-130

Dispozitivul de automatizare integral se compune din : puntea de măsură, releul electronic din partea dreaptă a schemei din fig. 1, motorașul asincron cu condensator M_i de tip D-32, care-i cinematic cuplat cu cursoarele potențiometrelor R_5 și R_6 care fac parte din pu nte dublă ; dubla diodă L_3 și puntea termică PT.

Deși puntea de măsură a acestei părți servește și ca punte de măsură a părții proporționale, totuși tensiunea de ieșire a ei transmisă înfășurării I-a a transformatorului Tr_3 nu este egală cu tensiunea de dezechilibru a părții proporționale. Tensiunea de dezechilibrare U_m între cursorul traductorului R_m și 0 este proporțională cu unghiul α' de deplasare a cursorului traductorului programator R_m din poziția lui de mijloc, însă coeficientul de proporționalitate k_4 nu va depinde de gradul de neegalitate.

Deci :

$$U_m = k_4 \alpha'.$$

Se înțelege că și tensiunea U_m își va schimba faza cu π odată cu schimbarea semnului lui α'. De asemenea nu este greu de văzut că atunci cînd cursorul traductorului programator va ocupa poziția de mijloc, tensiunea de dezechilibrare a punții de măsură U_m va fi zero.

Releul electronic al acestei părți prin intermediul contactelor releului P_2, de același tip și cu aceleași caracteristici ca și P_1, comandă acționarea motorașului M_i și conectează în circuit încălzitorul H_1 sau H_2 al punții termice PT. În componența releului electronic al părții integrale intră : transformatorul Tr_3, trioda dublă L_2 și releul electromagnetic P_2, a cărui bobină este conectată în circuitul anodic al triodei din dreapta a dublei triode L_2. Funcționarea acestui releu electronic nu se deosebește cu nimic de funcționarea releului electronic al părții proporționale. Trebuie să menționăm că transformatorul Tr_3 are două înfășurări primare I_a și I_b. Tensiunea U_m la înfășurarea I_a este tensiunea de dezechilibrare a punții de măsură, iar tensiunea la înfășurare I_b este tensiunea de dezechilibrare a punții termice PT.

Motorașul asincron M_i de tip D-32 rotindu-se prin intermediul unui reductor de turație, deplasează în același timp cursoarele potențiometrelor R_5 și R_6 fie într-o parte, fie în cealaltă, în funcție de sensul turației acestui motoraș.

În procesul reglării, deplasarea acestor cursoare dezechilibrează puntea dublă în același sens în care o dezechilibrează deplasarea cursorului traductorului R_m. La începutul procesului de reglare motorașul M_i prin deplasarea cursoarelor potențiometrelor R_5 și R_6 realizează forțarea elementului de execuție, determinînd deplasarea lui un interval de timp mai îndelungat.

Se înțelege că tensiunea U'_r care apare între cursorul traductorului R_a și 0 (priza de nul *3*) datorită deplasării cursoarelor acestor potențiometre, întotdeauna este defazată cu π față de tensiunea U_r care apare între aceleași puncte datorită deplasării cursorului traductorului R_a. Cu alte cuvinte în procesul reglării U_r și U'_r se scad.

Dubla diodă L_3 funcționează doar în timpul funcționării motorașului M_i și prin intermediul ei se trimite în înfășurarea motorașului un curent redresat care frînează turația acestuia.

Prin intermediul manetei BY a „timpului de dublare" se poate deplasa cursorul reostatului R_{hi} și astfel varia valoarea curentului redresat care trece prin înfășurarea motorașului M_i. Turația acestui motoraș poate fi astfel reglată, atunci cînd se acordă regulatorul la proces.

Puntea termică PT se compune din două perechi de rezistențe R_1 și R_2. Fiecare pereche de rezistențe se află închise în cîte un termoelement prevăzut cu încălzitorul respectiv H_1 sau H_2. Alimentarea încălzitoarelor se face prin intermediul contactelor releului P_2, care comandînd acționarea motorașului M_i într-un sens sau altul determină trecerea curentului electric prin încălzitorul H_1 respectiv H_2.

Alimentarea punții termice se face de la înfășurarea VII a transformatorului Tr_1. Rezistențele punții termice sînt identice și în consecință dacă nici unul dintre încălzitoare nu este alimentat și temperatura fiecărei rezistențe este aceea a mediului înconjurător, tensiunea în diagonala punții care se transmite înfășurării I_b a transformatorului Tr_3 va fi egală cu zero. Dacă releul telefonic comandă motorașul M_i și prin urmare începe să se încălzească unul dintre încălzitoare, se înțelege de la sine că valoarea rezistenței R_1 sau R_2 va crește datorită încălzirii ei și ca urmare în diagonala punții termice și deci și la înfășurarea I_b a transformatorului Tr_3 va apare o tensiune a cărei valoare este aproximativ proporțională cu supratemperatura rezistenței care se încălzește.

Din principiul de funcționare a punții rezultă că tensiunea care apare la înfășurarea I_b a transformatorului Tr_3 datorită funcționării încălzitorului H_1 este defazată cu π față de tensiunea care apare la aceeași înfășurare datorită funcționării încălzitorului H_2.

Din punct de vedere al reglării automate mărimea de intrare a punții este abaterea temperaturii rezistenței de la temperatura mediului înconjurător, iar mărimea de ieșire va fi tensiunea la înfășurarea I_b a transformatorului Tr_3.

La punerea la punct a regulatorului se urmărește ca la o deplasare a cursorului traductorului programator R_m din poziția de mijloc să înceapă să funcționeze acel încălzitor care produce la ieșirea punții termice PT o tensiune defazată cu π față de tensiunea U_m de dezechilibrare a punții de măsură.

Astfel, la o deplasare a cursorului traductorului programator R_m din poziția de mijloc, motorașul M_i va deplasa cursoarele potențiometrelor R_5 și R_6. Concomitent se va încălzi și unul dintre încălzitoarele H_1 sau H_2 ceea ce va determina încălzirea perechii de rezistențe R_1 sau R_2 din brațele opuse ale punții termice PT și deci dezechilibrarea acesteia. Pe măsură ce rezistențele R_1 sau R_2 se încălzesc tensiunea de la înfășurarea secundară a transformatorului Tr_3 se micșorează pînă la zero, ceea ce face ca releul P_2 să-și deschidă contactele și deci să oprească funcționarea atît a motorașului M_i cît și a încălzitorului H_1 sau H_2.

Va începe un proces de răcire a încălzitorului care a fost încălzit mai înainte și deci și o răcire a rezistențelor R_1 sau R_2 care fuseseră încălzite, iar ca o consecință a acestui proces la înfășurarea secundară a transformatorului Tr_3 tensiunea va începe să crească din nou. Cînd această tensiune va depăși zona de insensibilitate a releului, acesta din nou va închide circuitul care alimentează atît una din înfășurările motorașului M_i cît și încălzitorul H_1 sau H_2. Se va produce din nou o deplasare a cursoarelor potențiometrelor R_5 și R_6 și încălzirea brațelor opuse R_1 sau R_2 a punții termice PT. Această încălzire va micșora din nou semnalul de intrare a releului electronic și din nou se va întrerupe circuitul motorașului M_i și deci și al încălzitorului H_1 sau H_2.

Procesul acesta se va repeta pînă cînd cursorul traductorului programator R_m va ocupa poziția de mijloc. Astfel prezența acestei părți determină regulatorul să funcționeze într-un regim pulsatoriu.

În procesul reglării automate aceste două părți examinate separat mai sus funcționează în paralel și determină modul de acționare a regulatorului.

II. Principiul de funcționare a regulatorului de tip IR-130

Pentru a urmări principiul de funcționare a acestui regulator să ne închipuim sistemul de reglare automată cu circuit închis.

Să presupunem la început că sistemul acesta se află într-un echilibru perfect (regim staționar) și deci ambele motoare sînt deconectate. Aceasta înseamnă că pe de o parte cursorul traductorului programator R_m se află în poziția lui de mijloc fiindcă parametrul supus reglării are valoarea prescrisă și deci $U_m = U'_m = 0$; pe de altă parte cursoarele potențiometrelor R_5 și R_6 ocupă o astfel de poziție față de cursorul traductorului R_a încît $U_r + U'_r = 0$.

Dacă sistemul va fi scos din acest regim datorită unei perturbații care determină parametrul supus reglării să se abată de la valoarea prescrisă, regimul tranzitoriu care începe se va termina numai atunci cînd datorită acțiunii regulatorului parametrul supus reglării va reveni la valoarea prescrisă.

Deoarece cursorul traductorului programator „urmărește" variația parametrului supus reglării de la valoarea prescrisă, acesta se deplasează din poziția de mijloc ca urmare a variației parametrului supus reglării de la valoarea prescrisă transmițînd semnale corespunzătoare înfășurărilor I_a ale transformatoarelor Tr_2 și Tr_3.

Amplitudinea acestor semnale (tensiuni) depinde de mărimea, iar faza de semnul abaterilor respective.

Astfel, la grilele triodelor din stînga ale tuburilor L_1 și L_2, apar semnale care determină micșorarea sau mărirea curenților din bobinele releelor P_1 și P_2 în funcție de faza semnalelor. Cînd aceste variații ale curenților din bobinele releelor P_1 și P_2 depășesc zona de insensibilitate a releelor, acestea vor conecta motorul de acționare M_a a elementului de execuție și motorașul M_i. Concomitent însă cu conectarea motorașului M_i, vor determina și alimentarea unuia dintre încălzitoare H_1 sau H_2. Conectarea motorașului de acționare M_a se realizează prin intermediul acelei perechi de contacte ale releului P_1 care determină rotirea motorului M_a în sensul readucerii parametrului de reglat la valoarea prescrisă.

La un asemenea sens de rotație motorul M_a va deplasa întotdeauna și cursorul traductorului R_a în sensul echilibrării punții duble a regulatorului.

Motorașul M_i va fi conectat prin intermediul acelor perechi de contacte ale releului P_2 care asigură rotirea acestuia în sensul corespunzător măririi dezechilibrului inițial produs de abaterea cursorului traductorului programator R_m din poziția de mijloc a punții duble. Prin intermediul acestei perechi de contacte va fi conectat acel încălzitor (H_1 sau H_2) care determină dezechilibrarea punții termice în sensul anulării semnalului de la grila din stînga a tubului L_2. Astfel, prin intermediul motorașului M_i care deplasează cursoarele potențiometrelor R_5 și R_6 la începutul regimului tranzitoriu se realizează o forțare a reglării care este limitată însă de acțiunea punții termice.

La abateri mici ale parametrului supus reglării și la valori mari date „timpului de dublare" forțarea reglării care se imprimă la începutul regimului tranzitoriu este foarte mică. La abateri mari însă și la valori mici date timpului de dublare acțiunea de forțare a reglării imprimate de motorașul M_i, prin intermediul potențiometrelor R_5 și R_6 este destul de însemnată.

Întrucît viteza motorului de acționare M_a este mare în comparație cu viteza de variație a parametrului supus reglării (temperatura din instalația automatizată) și cu viteza motorașului M_i, după dezechilibrarea inițială a punții duble (la începutul regimului tranzitoriu) aceasta datorită legăturii inverse rigide realizate prin

intermediul traductorului R_a va fi readusă în starea de echilibru înainte ca temperatura să ajungă la valoarea prescrisă. Avînd în vedere faptul că în continuare dezechilibrarea punții duble va depinde de viteza cu care temperatura se va apropia de valoarea prescrisă și de viteza de deplasare a cursoarelor potențiometrelor R_5 și R_6, se înțelege de la sine că funcționarea regulatorului va depinde de poziția organelor de acordare BY și CH.

După deplasarea inițială a organului de reglare temperatura va începe să varieze în sensul apropierii valorii ei de valoarea prescrisă. Aceasta determină cursorul traductorului programator să se deplaseze spre poziția de mijloc și astfel să determine o micșorare a amplitudinilor tensiunilor U_m și U'_m.

Amplitudinea tensiunii U'_r prin deplasarea cursoarelor potențiometrelor R_5 și R_6 variază în sensul creșterii ei.

În funcție de acordarea regulatorului creșterea în valoare absolută a amplitudinii tensiunii U'_r poate fi egală, mai mică sau mai mare decît creșterea în valoare absolută a amplitudinii tensiunii U'_m.

În primul caz organul de reglare va ocupa o astfel de poziție încît fără deplasări suplimentare, abaterea de la valoarea prescrisă parametrului supus reglării va fi lichidată.

În cazul cînd creșterea tensiunii U'_r va fi mai mică decît creșterea tensiunii U'_m atunci tensiunea de dezechilibrare a punții duble ΔU va schimba faza cu π și în consecință va determina în cele din urmă ca motorul de acționare M_a să se rotească în sens invers pînă va echilibra din nou puntea dublă. Aceasta va duce la o micșorare a vitezei de variație a temperaturii. În cazul al treilea cînd $\Delta U'_r > \Delta U'_m$ la puntea dublă va apărea o tensiune ΔU care va determina o deplasare suplimentară a organului de reglare în același sens în care el s-a deplasat în prima perioadă și în consecință viteza de variație a temperaturii va crește.

În toate cele trei cazuri însă tensiunea U'_m se va micșora continuu anulîndu-se în cele din urmă. Datorită acestui fenomen pauzele dintre impulsurile determinate de funcționarea motorașului M_i se vor mări iar impulsurile se vor micșora și se vor anula și ele odată cu anularea tensiunii U_m.

Dispariția acestor impulsuri marchează coincidența dintre valoarea temperaturii din instalația automatizată și valoarea prescrisă a acesteia.

Regulatorul IR-130 este prevăzut cu un comutator K care servește la trecerea de la reglarea automată la reglarea manuală.

La așezarea comutatorului K pe poziția „reglare manuală" se întrerupe circuitul motorașului M_i și legătura electrică între cursorul traductorului programator și înfășurarea primară I-a a transformatorului Tr_3. În acest caz tensiunile U_m și U'_m vor fi egale cu zero pentru orice poziție a cursorului traductorului programator R_m. Tensiunea ΔU transmisă înfășurării primare a transformatorului Tr_2 va fi egală în orice moment cu suma tensiunilor U_r și U'_r care sînt defazate între ele cu π.

Pentru a urmări modul de dirijare manuală a procesului să ne închipuim la început că poziția cursoarelor potențiometrelor R_5 și R_6 față de cursorul traductorului R_x este aceea prin care tensiunea la înfășurarea primară a transformatorului Tr_2 se anulează ($\Delta U = U_a = U_r + U'_r = 0$) și deci motorul de acționare M_a nu este comandat.

Dacă prin intermediul manetei M vom deplasa cursoarele potențiometrelor R_5 și R_6 la dreapta sau la stînga față de poziția anterioară de echilibru, amplitudinea tensiunii U'_r va crește sau va descrește și la înfășurarea primară a transformatorului Tr_2 va apare o tensiune U_a.

În funcție de raportul dintre U_r și U'_r tensiunea aceasta va avea faza zero sau π și în funcție de această fază se va determina rotirea motorului de acționare într-un sens sau în celălalt. Motorul de acționare va antrena elementul de execuție și cursorul traductorului R_a, determinînd prin aceasta creșterea sau micșorarea amplitudinii tensiunii U_r pînă la restabilirea condiției de echilibru a punții duble adică pînă cînd din nou $U_a = U_r + U'_r = 0$. Astfel prin manevrarea manetei M se poate dirija de la distanță manual, procesul respectiv.

Legăturile electrice și cinematice în sistem sînt astfel executate încît la o deplasare a manetei M în sensul rotației acelor unui ceasornic motorul de acționare M_a va antrena elementul de execuție în sensul deschiderii acestuia. Diviziunile care sînt trasate în dreptul dispozitivului de acționare manuală reprezintă deschiderea elementului de execuție exprimată în procente din deschiderea maximă a acestuia.

III. Analiza punții duble și a punții termice

În fig. 4 este reprezentată schema punții duble a regulatorului și sînt arătați curenții care trec prin diferite ramuri ale punții.

Să însemnăm cu U_{kl} diferențele de potențial între diferitele borne k și l, ale înfășurării VI-a a transformatorului Tr_1.

În conformitate cu datele Laboratorului Central de Automatică din Moscova [2] aceste diferențe de potențial U_{kl} au următoarele valori:

$$U_{12} = U_{23} = U_{34} = U_{45} = 6\text{V} \text{ iar } U_{15} = 4U_{12} = 24\text{V}.$$

Vom conveni ca în cele ce urmează prin notațiile R_m și R_a să înțelegem valoarea întregilor rezistențe ale traductoarelor corespunzătoare, iar cu R_0 vom nota valoarea rezis-

tenţelor egale între ele ale potenţiometrelor R_5 şi R_6. Deci $R_5 = R_6 = R_0$.

În funcţie de poziţia cursoarelor traductoarelor vom împărţi rezistenţa R_m respectiv R_a în două părţi: rezistenţa din partea dreaptă şi rezistenţa din partea stîngă a cursorului.

Deci $R_m = R_{ms} + R_{md}$ şi $R_a = R_{as} + R_{ad}$.

Însemnînd cu α', β' şi γ' unghiurile pe care le fac cursoarele respective ale traductoarelor R_m, R_a şi R_0 faţă de poziţia de mijloc şi considerînd aceste unghiuri pozitive atunci cînd cursoarele se găsesc în partea dreaptă a poziţiilor de mijloc vom putea scrie relaţiile:

$$R_{ms} = (0{,}5 + \alpha)\ R_m; \qquad R_{md} = (0{,}5 - \alpha)\ R_m$$

$$R_{as} = (0{,}5 + \beta)\ R_a; \qquad R_{ad} = (0{,}5 - \beta)\ R_a$$

$$R'_5 = (0{,}5 + \gamma'')\ R_0; \qquad R'_6 = (0{,}5 - \gamma'')\ R_0$$

în care $\alpha = \frac{\alpha'}{\alpha'_0}$; $\beta = \frac{\beta'}{\beta'_0}$ şi $\gamma'' = \frac{\gamma'}{\gamma'_0}$ reprezintă deplasarea relativă a cursoarelor. $\alpha'_0 > 0$ şi $\beta'_0 > 0$ reprezintă unghiurile de rotaţie ale cursoarelor, reprezentînd variaţiile corespunzătoare ale rezistenţelor respective de la zero la valoarea R_m şi R_a iar $\gamma'_0 > 0$ reprezintă deplasarea completă a cursoarelor rezistenţelor $R_5 = R_6 = R_0$.

Avînd în vedere că şi cursoarele rezistenţelor egale între ele R_7 şi R_8 împart aceste rezistenţe tot în cîte două părţi putem scrie:

$$R_7 = R'_7 + R''_7 \text{ şi } R_8 = R'_8 + R''_8$$

Presupunînd $R'_7 = R'_8 = \delta R_7$ obţinem $R''_7 = R''_8 = (1-\delta)\ R_7$.

Pentru determinarea tensiunilor aplicate înfăşurărilor primare ale transformatoarelor Tr_2 şi Tr_3 va trebui să calculăm valorile curenţilor i_7 şi i_{10}, care trecînd prin rezistenţele R_7 şi R_9 respectiv prin R_8 şi R_{10} în conformitate cu schema din fig. 4 determină pe aceste rezistenţe căderi de tensiune corespunzătoare. Rezolvînd următorul sistem de ecuaţii:

$$\begin{aligned}
(R'_5 + R_{as})\ i_5 + (R_{ad} + R'_6)\ i_6 &= U_{15} = 4\ U_{12} \\
R_{ms}\ i_{m1} + R_{md}\ i_{m2} &= U_{24} = 2\ U_{12} \\
(R'_5 + R_{as})\ i_5 + (R_{10} + \delta R_7)\ i_0 &= U_{13} = 2\ U_{12} \\
R_{ms}\ i_{m1} + (R_7 + R_9)\ i_7 &= U_{23} = U_{12} \\
i_{m1} &= i_{m2} + i_7 \\
i_5 &= i_6 + i_{10}
\end{aligned} \tag{1}$$

vom obţine valoarea curenţilor i_7 şi i_{10}.

Astfel:

$$i_7 = \frac{-2\ \alpha\ U_{12}}{(0{,}25 - \alpha^2)\ R_m + R_7 + R_9} \tag{2}$$

şi

$$i_{10} = -\frac{4\ U_{12}\ (\beta R_a + \gamma'' R_0)}{(R_a + R_0)\ [0{,}25\ (R_a + R_0) + R_{10} + \delta\ R_7] - (\beta R_a + \gamma'' R_0)^2} \tag{3}$$

Tensiunile ΔU şi U_m aplicate înfăşurărilor primare ale transformatoarelor Tr_2 şi Tr_3 cu

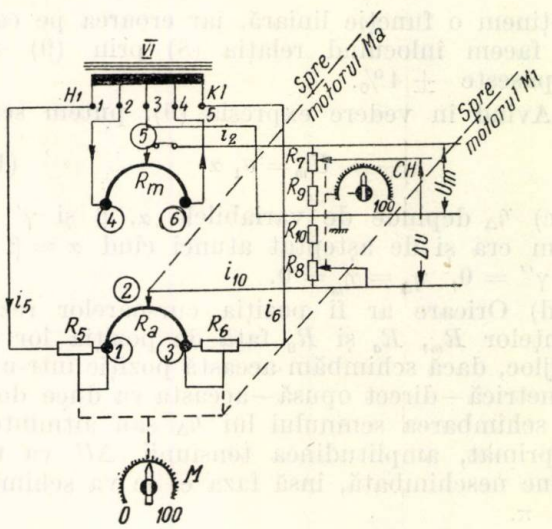


Fig. 4. Schema punţii duble a regulatorului IR-130.

suficientă exactitate pentru practică vor fi date de relaţiile:

$$\Delta U = -\ [R_9 + (1-\delta)\ R_7]\ i_7 + (R_{10} + \delta R_7) i_{10} \tag{4}$$

şi

$$U_m = -\ (R_7 + R_9)\ i_7 \tag{5}$$

Din (2), (3) şi (4) obţinem raportul

$$\frac{\Delta U}{U_{12}} = \eta_\Delta = \frac{2\alpha\ (R_7 + R_9 - \delta R_7)}{(0{,}25 - \alpha^2)\ R_m + R_7 + R_9} - \frac{4\ (\beta R_a + \gamma''\ R_0)\ (R_{10} + \delta R_7)}{(R_a + R_0)\ [0{,}25\ (R_a + R_0) + R_{10} + \delta R_7 - (\beta R_a - \gamma'' R_0)]^2} \tag{6}$$

iar din (2) şi (5) obţinem

$$\eta_m = \frac{U_m}{U_{12}} = \frac{2\alpha\ (R_7 + R_9)}{(0{,}25 - \alpha^2)\ R_m + R_7 + R_9}. \tag{7}$$

În conformitate cu cele stabilite α, β şi γ'' pot varia între limitele zero şi $\pm$ 0,5.

Analizînd relaţiile obţinute (6) şi (7) vom constata:

a) η_m depinde numai de variabila α astfel încît la $\alpha = +|\alpha|$, η_m va fi mai mare ca zero ceea ce ne arată că U_m şi U_{12} vor fi în fază, iar la $\alpha = -|\alpha|$, η_m fiind mai mic decît zero, U_m va fi în opoziţie de fază cu U_{12}.

b) $U_m = \eta_m U_{12}$ este o funcţie neliniară de α. Avînd în vedere că: $R_m = R_a = 120\ \Omega$; $R_7 = R_8 = 320\ \Omega$; $R_9 = 20\ \Omega$; $R_{10} = 15\ \Omega$ iar $R_0 = 140\ \Omega$ [2] şi înlocuind aceste valori în expresia lui η_m, vom obţine:

$$\eta_m = \frac{5{,}667\ \alpha}{3{,}083 - \alpha^2}. \tag{8}$$

Relaţia (8), cu destulă exactitate pentru practică, poate fi înlocuită cu o relaţie liniară, considerîndu-l pe α de la numitor constant.

Astfel considerînd

$$\eta_m = \frac{5{,}667}{2{,}96}\,\alpha = 1{,}914\,\alpha, \qquad (9)$$

obţinem o funcţie liniară, iar eroarea pe care o facem înlocuind relaţia (8) prin (9) nu depăşeşte $\pm 4\%$.

Avînd în vedere expresia (9), putem scrie

$$U_m = a_1\,\alpha \qquad (10)$$

c) η_Δ depinde de variabilele α, β şi γ'' şi cum era şi de aşteptat atunci cînd $\alpha = \beta = \gamma'' = 0$, $\eta_\Delta = \eta_m = 0$.

d) Oricare ar fi poziţia cursoarelor rezistenţelor R_m, R_a şi R_0 faţă de poziţia lor de mijloc, dacă schimbăm această poziţie într-una simetrică—direct opusă—aceasta va duce doar la schimbarea semnului lui η_Δ sau altminteri exprimat, amplitudinea tensiunii ΔU va rămîne neschimbată, însă faza ei se va schimba cu π.

e) η_Δ este o funcţie neliniară de α, β şi γ'' şi se compune din două părţi, pe care le vom nota cu η'_Δ şi η''_Δ.

Deci:

$$\eta_\Delta = \eta'_\Delta + \eta''_\Delta, \qquad (11)$$

în care

$$\eta'_\Delta = \frac{2\alpha\,(R_7 + R_9)\left(1 - \delta\,\dfrac{R_7}{R_7 + R_9}\right)}{R_m\left(0{,}25 - \alpha^2 + \dfrac{R_7 + R_9}{R_m}\right)} = \frac{5{,}667\,\alpha\,(1 - 0{,}941\,\delta)}{3{,}083 - \alpha^2}. \qquad (12)$$

Avînd în vedere aceleaşi considerente care ne-au dat posibilitatea să trecem de la expresia (8) la expresia (9), vom putea scrie şi relaţia (12) sub forma:

$$\eta'_\Delta = 1{,}914\,\alpha\,(1 - 0{,}941\,\delta) \qquad (13)$$

iar valoarea lui U'_m va fi dată de relaţia:

$$U'_m = a_1\,\alpha\,(1 - c\,\delta) = U_m\,(1 - c\,\delta) \qquad (14)$$

Partea a doua a expresiei (11), reprezintă relaţia:

$$\eta''_\Delta = -\frac{4\,\dfrac{R_7}{R_a}\left(\beta + \gamma''\dfrac{R_0}{R_a}\right)\left(\dfrac{R_{10}}{R_7} + \delta\right)}{\dfrac{R_7}{R_a}\left(1 + \dfrac{R_0}{R_a}\right)\left[0{,}25\,\dfrac{R_a}{R_7}\left(1 + \dfrac{R_0}{R_a}\right) + \dfrac{R_{10}}{R_7} + \delta\right] - \left(\beta + \gamma''\dfrac{R_0}{R_a}\right)^2} \qquad (15)$$

În (15) făcînd înlocuirea $\gamma = \gamma''\,\dfrac{R_0}{R_a}$ şi introducînd valorile numerice corespunzătoare rezistenţelor obţinem:

$$\eta''_\Delta = -\frac{10{,}667\,(\beta + \gamma)\,(0{,}047 + \delta)}{5{,}778\,(0{,}25 + \delta) - (\beta + \gamma)^2}. \qquad (16)$$

Dependenţa lui η''_Δ de variabila $\Delta = \beta + \gamma$ este neliniară iar caracterul acestei neliniarităţi este determinat de valoarea lui $\delta =$ const. care este funcţie de acordarea regulatorului (de gradul de neegalitate *CH*).

Într-adevăr pentru $\delta = 0$ vom obţine $\eta''_\Delta = -\dfrac{0{,}5\Delta}{1{,}445 - \Delta^2}$, iar pentru $\delta = 1$ vom obţine $\eta''_\Delta = -\dfrac{1{,}117\,\Delta}{7{,}220 - \Delta^2}$.

Din calculele de mai sus putem trage concluzia că cu cît este mai mare valoarea lui δ cu atît mai mult relaţia $\eta''_\Delta = f\,(\Delta)$ se apropie de o funcţie liniară.

Considerînd că Δ nu va depăşi valoarea 0,25, ceea ce corespunde realităţii avînd în vedere fenomenul fizic respectiv, noi putem înlocui expresia (16) printr-una liniară fără ca eroarea în acest caz să depăşească $\pm 5\%$.

Astfel relaţia (16) va deveni:

$$\eta''_\Delta = \frac{U''_a}{U_{12}} = -1{,}847\,(\beta + \gamma)\,\frac{0{,}047 + \delta}{0{,}25 + \delta} \qquad (17)$$

Dacă în formula (17) îi dăm lui δ valoarea 1 (deci $\delta = 1$) tensiunea U''_a va fi egală cu tensiunea dintre punctele *2* şi *3* de pe fig. 4, adică cu tensiunea U_a.

$$\text{Deci } U_a = -1{,}547\,(\beta + \gamma)\,U_{12}. \qquad (18)$$

Sau exprimată sub o formă generală

$$U_a = a_2\,(\beta + \gamma). \qquad (19)$$

Din relaţia (19) se vede că tensiunea U_a are două componente care nu sînt altceva decît tensiunile legăturilor inverse $U_r = a_2\beta$ şi $U'_r = a_2\,\gamma$.

Deoarece este mai comod să exprimăm tensiunea U''_a în funcţie de U_a din relaţiile (17) şi (18) vom obţine

$$U''_a = \frac{1{,}847}{1{,}547}\cdot\frac{0{,}047 + \delta}{0{,}25 + \delta}\,U_a \qquad (20)$$

sau în forma generală

$$U''_a = a_4\,U_a. \qquad (21)$$

Ţinînd cont de relaţiile (14) şi (21) putem exprima tensiunea ΔU, transmisă înfăşurării I_a a transformatorului Tr_2, sub o formă generală şi anume:

$$\Delta U = a_3\,U_m + a_4\,U_a \qquad (22)$$

în care a_3 şi a_4 sînt coeficienţi dependenţi numai de δ adică de gradul de neegalitate CH, care constituie un parametru de acordare a regulatorului.

În fig. 5 este redată schema punţii termice alimentată cu tensiunea U_i de la înfăşurarea VII-a a transformatorului Tr_1. Tensiunea U_e reprezintă tensiunea de ieşire a punţii care se transmite înfăşurării suplimentare I_b a transformatornlui Tr.

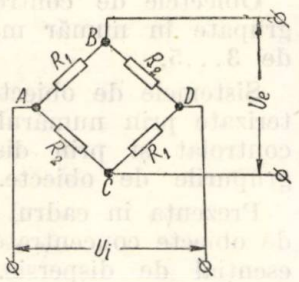


Fig. 5. Puntea termică PT.

Puntea este alcătuită din rezistenţe ale căror valori sînt identice la temperaturi egale. Aceste rezistenţe fiind aşezate două cîte două în cîte un termoelement de tip TE — 138 în care se află şi respectivele încălzitoare H_1 şi H_2 le-am notat cu R_1 şi R_2.

Considerînd că braţele punţii sînt funcţii liniare de temperaturile respective ϑ_1 şi ϑ_2 putem scrie relaţiile:

$$R_1 = R_0 (1 + \alpha_t \vartheta_1) \text{ şi } R_2 = R_0 (1 + \alpha_t \vartheta_2) \quad (23)$$

în care α_t este coeficientul de temperatură a materialului din care sînt confecţionate rezistenţele R_1 şi R_2.

Tensiunea U_e fiind diferenţa de potenţial între punctele B şi C, va avea valoarea dată de expresia:

$$U_e = V_B - V_C = \frac{R_2 - R_1}{R_1 + R_2} U_i. \quad (24)$$

Înlocuind în (24) valorile lui R_1 şi R_2 din (23) obţinem:

$$U_e = \frac{\alpha_t (\vartheta_2 - \vartheta_1)}{2 (1 + \alpha_t \vartheta_1) + \alpha_t (\vartheta_2 - \vartheta_1)} U_i. \quad (25)$$

Avînd în vedere că în timpul funcţionării părţii integrale a regulatorului rezistenţele dintr-unul dintre termoelemente periodic se încălzesc şi se răcesc iar rezistenţele din celălalt termoelement se află la o temperatură egală aproximativ cu temperatura mediului ambiant ϑ_0, putem considera în relaţia (25) că ϑ_2 este variabil, iar $\vartheta_1 = \vartheta_0 + \Delta\vartheta_1$ este constant. Relaţia (25) poate fi scrisă deci sub forma:

$$U_e = \alpha_t \frac{\vartheta_2 - \vartheta_1}{2 (1 + \alpha_t \vartheta_0) + 2\alpha_t \Delta \vartheta_1 + \alpha_t (\vartheta_2 - \vartheta_1)} \cdot U_0 \quad (26)$$

Întrucît componentele numitorului $2\ \alpha_t\ \Delta\vartheta_1$ şi $\alpha_t\ (\vartheta_2 - \vartheta_1)$ sînt mici în comparaţie cu prima componentă $2\ (1 + \alpha_t\ \vartheta_0)$ le putem practic neglija şi astfel aproximativ putem considera că tensiunea transmisă înfăşurării suplimentare I_b a transformatorului Tr_3 este proporţională cu diferenţa dintre temperaturile ϑ_2 şi ϑ_1.

Deci:

$$U_e = \frac{\alpha_t (\vartheta_2 - \vartheta_1)}{2(1 + \alpha_t \vartheta_0)} U_0 \cong \frac{\alpha_t (\vartheta_2 - \vartheta_0)}{2(1 + \alpha_t \vartheta_0)}. \quad (27)$$

În urma studiului analitic efectuat putem trage următoarele concluzii:

1) Partea proporţională a regulatorului reprezintă un sistem de urmărire şi că la variaţii lente ale parametrului supus reglării, ceea ce este caracteristic pentru procesele termice β reuşeşte întotdeauna să-l „urmărească" pe α.

2) Din relaţiile date se pot uşor obţine relaţii între α şi β pentru diferite valori ale lui δ care corespund diferitelor poziţii ale dispozitivului de acordare CH.

3) Regulatorul nu poate fi utilizat pentru reglarea proceselor în care parametrul supus reglării are viteze mari de variaţie deoarece în asemenea cazuri α nu mai poate fi urmărit de β.

4) Relaţiile liniarizate obţinute pot fi socotite reale atît în regim de funcţionare stabil cît şi în regim tranzitoriu, deoarece procesul de stabilire a tensiunii la înfăşurările transformatoarelor Tr_2 şi Tr_3 decurge într-un timp foarte scurt în comparaţie cu procesul tranzitoriu al întregului sistem.

BIBLIOGRAFIE

[1] DUDNIKOV, E. F.: *Osnovi avtomaticescogo regulirovania teplovih protessov*, Gosenergoizdat, Moscova, 1956.

[2] Izodromnîi reguleator IR — 130: *Opisanie i rukovodstvo po montaju i polzovaniu* nr. 6—00—49 1953.

[3] Tehniceskii otceot zavoda KIP: *Vtoricinie pribori tipa MV s reostatnim datcikom dlea reguleatorov*, Harkov, 1954.

[4] EROFEEV, A. N: *Electronnie ustroistva kontrolea i regulirovania teplovih protessov*, Gosenergoizdat, Moscova, 1955.

VALERIA TUDOROIU *

Asupra metodelor de selecţie a obiectelor dispersate

CZ 621.398

În multe instalaţii de control centralizat apare problema controlării unui număr de elemente cînd între acestea şi punctul central de control există un număr redus de canale de comunicaţie.

Pentru distanţe sub 500 m se poate pune, în anumite condiţii, problema sporirii numărului de canale de comunicaţie.

Peste această valoare însă, mărirea numărului de canale de comunicaţie este net dezavantajoasă atît din punct de vedere economic cît şi din acel al întreţinerii canalelor de comunicaţie.

În această situaţie, trebuie găsit un procedeu prin care fiecare din obiectele de controlat să poată fi pus în legătură la cerere sau periodic automat, prin canalul de comunicaţie existent, cu postul central de control.

Obiectele de controlat se pot prezenta fie grupate în număr mare fie în grupuri mici de 3...5.

Sistemele de obiecte dispersate sînt caracterizate prin numărul mare al obiectelor de controlat şi prin distanţe apreciabile între grupurile de obiecte.

Prezenţa în cadrul sistemului a unui grup de obiecte concentrate nu schimbă caracterul esenţial de dispersie.

Selecţia obiectelor dispersate prezintă probleme deosebite după cum:

Suprafaţa de dispersare are diametrul de ordinul kilometrilor (mică distanţă) sau

Dispersarea are loc în lungul unor complexe ce se întind pe sute de kilometri (mare distanţă).

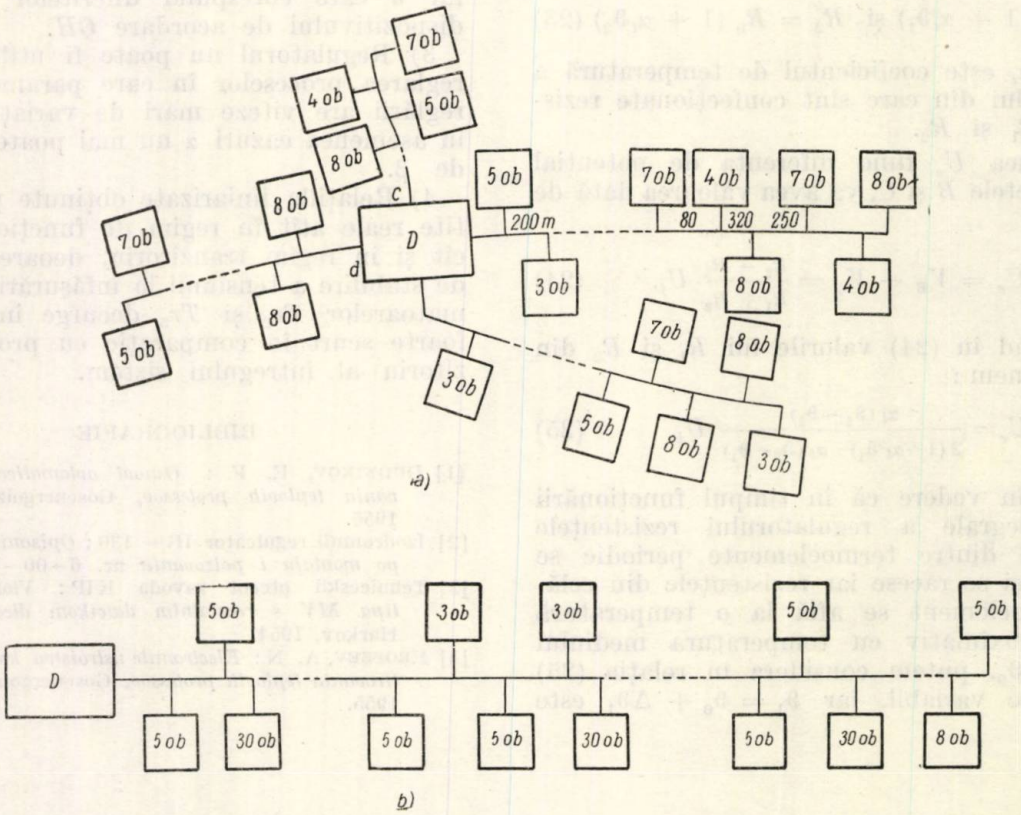


Fig. 1. Plan de situaţie a unui sistem dispersat pe mică distanţă (*a*) şi a unuia de mare distanţă (*b*).

Acest tip de control se numeşte control selectiv, iar stabilirea legăturii între obiectul controlului şi postul central se numeşte selecţie.

Din prima grupă fac parte între altele cîmpurile de sonde de petrol şi gaze iar din grupa a doua conductele de gaze naturale, ţiţei şi produse petrolifere, reţele energetice, reţele de cale ferată etc.

* Ing. V. TUDOROIU este cercetător la Institutul de cercetări electrotehnice.

Condiţiile de funcţionare, deci şi caracteristicile tehnice ale sistemelor de selecţie de mică şi mare distanţă sînt diferite,

În cazul sistemelor dispersate pe mică distanţă canalele de comunicaţie ce servesc la transmiterea semnalului de selecţie au încărcare redusă, nu se pun probleme de economie în spectrul de frecvenţă şi se poate folosi cu succes fantomizarea circuitelor. Numărul maxim de grupe de obiecte de selectat racordate la un singur canal de comunicaţie este de 15...20. Acest număr este rareori depăşit. In majoritatea cazurilor comunicaţia se face pe circuite fizice.

Sistemele din grupa a doua se caracterizează prin distanţe de ordinul zecilor de kilometri între grupurile de obiecte. Sistemul de selecţie funcţionează deci pe distanţe de sute de kilometri. Este frecvent ca în aceste sisteme să existe atît grupuri de obiecte cu o concentrare redusă (3...5) cît şi grupuri de concentrare mare (numărul de elemente < 20).

Comunicaţia se face pe circuite fizice sau prin radiorelee.

În cazul acestor sisteme dispersate, canalul de comunicaţie este mult solicitat şi problema economiei în spectrul de frecvenţă este foarte importantă. Sistemele dispersate de mică şi mare distanţă au următoarele calităţi comune.

Aparatura de selecţie montată la obiecte trebuie să fie simplă şi robustă. Această aparatură este montată de obicei în locuri nedeservite de personal, supuse la variaţii de temperatură de ordinul a 70°C. Este necesar ca înlocuirea elementelor defecte să poată fi făcută uşor şi simplu.

Este de asemenea de dorit ca aparatura să poată fi alimentată în joasă tensiune.

Metode de selecţie

Selecţia se face prin transmiterea de la postul de control centralizat la obiectul controlat a unui semnal electric.

Generarea acestui semnal se face într-o aparatură numită „emiţător de selecţie" sau „cifrator".

La obiectul controlat, semnalul de selecţie este recepţionat şi descifrat astfel încît să se conecteze la canalul de comunicaţie un element de controlat şi numai unul singur.

Aparatura care realizează recepţia şi descifrarea semnalului de selecţie se numeşte „descifrator".

Emiţătorul semnalelor de selecţie trebuie să poată genera un număr de n semnale diferite.

Numărul de semnale diferite n ce se generează de la un post central este

$$n = \frac{N}{q} \qquad (1)$$

în care :

N este numărul de obiecte controlate la acel post central ;

q — numărul de canale de comunicaţie ce servesc la selectarea acelor posturi.

(Evident că la o distribuţie radială, N este numărul de posturi legat la cea mai încărcată dintre ramuri).

Între mulţimea acestor semnale, pe care le vom numi aici *adrese* şi mulţimea obiectelor controlate trebuie să existe o corespondenţă biunivocă.

În scopul selecţiei se folosesc atît semnalele continue cît şi cele discrete.

Semnalele care servesc la selecţie pot diferi unul de celălalt în nenumărate feluri.

Semnalele continue pot diferi prin amplitudine, frecvenţă şi fază. Discriminarea de amplitudine se foloseşte foarte rar în cazul transmisiilor la distanţe mai mari decît 2 km, din motive bine cunoscute şi pe care nu le vom mai aminti aici.

Folosirea unei selecţiei de fază este posibilă şi există instalaţii care sînt construite pe acest principiu, însă la pretenţii de sensibilitate şi precizie redusă la receptor — calităţi obligatorii în cazul discutat — numărul de semnale diferite ce se pot construi este limitat. Există instalaţii industriale care pornind de la reţeaua trifazică obţin tensiuni defazate la 60°. Atît receptorul cît şi emiţătorul sînt simpli. Principalul dezavantaj al sistemului este limitarea de care am amintit şi necesitatea unei reţele trifazice.

Selecţia de frecvenţă este singura metodă de selecţie în care este folosit un semnal continuu.

Marea majoritate a semnalelor folosite în selecţie sînt semnale discrete. În acestea, impulsurile electrice cu caracteristici felurite se succed într-o ordine şi o cadenţă anumită.

În forma generală, expresia unei adrese din mulţimea celor generate la postul de control central are expresia :

$$A_n = a_1 T_1 \div a_2 T_2 \div a_3 T_3 \div \ldots \div \\ \div a_i T_p \ldots \div a_j T_n \qquad (2)$$

în care :

$a_1 \ldots aj$ sînt calităţi diferite ale semnalelor transmise (frecvenţă, fază, amplitudine, durată, poziţie) ;

$T_1 \ldots T_n$ — operatori de timp ai semnalelor ce compun adresa.

Semnul $\div$ se defineşte aici ca stabilind succesiunea operatorilor adică $T_p + T_{p+1}$ înseamnă că T_p precede pe T_{p+1} şi este precedat de T_{p-1}.

Operatorul T_p înseamnă că la timpul pe care îl caracterizează acesta, în semnalul de selecţie începe un impuls sau o pauză de calitatea a_i.

În forma generală scrisă mai sus poate fi cuprinsă şi selecţia prin semnale continue, folosind un singur operator şi păstrîndu-i semnificaţia strictă amintită mai sus. Concluziile ce decurg din dezvoltarea unei asemenea exprimări a semnalului de selecţie se vor expune cu altă ocazie.

Adresele ce fac parte din acelaşi sistem de selecţie au caracteristici comune.

Folosind la scriere expresia generală scrisă anterior, se vor analiza cîteva sisteme de selecţie.

Adresele scrise sub forma unei sume

$$A_p = \sum^{*} a_i \cdot T_i \qquad (3)$$

în care p este rangul adresei şi este caracteristic fiecărui post controlat în parte, sînt de tipul selecţiei cu număr variabil de impulsuri adică de tipul selecţiei telefonice simple.

Selecţia se face trimiţînd în canalul de comunicaţie, direct sau modulate pe o purtătoare, o succesiune de impulsuri de amplitudine, durată şi frecvenţă de repetiţie constantă.

Elementul discriminatoriu este numărul de impulsuri pe care îl conţine adresa şi care variază între 1 şi n.

Numărul maxim de impulsuri ale adresei este egal cu numărul de obiecte de selectat. În caz că schema funcţionează bitact, cu impuls de pregătire, atunci adresa are forma

$$A_p = a\ \theta_0 \div a\ \theta_1 \div \ldots a\ \theta_p\ . \qquad (4)$$

Adresele de forma unor expresii de rang 1 folosesc calităţi simple sau compuse şi se scriu :

$$A_p = a_p\ T_1 .$$

Calitatea a_p poate fi o calitate simplă sau una compusă provenită dintr-o însumare lineară definită prin relaţia

$$a_p = a_1 \times a_2 \times \ldots a_i , \qquad (5)$$

a două sau mai multe calităţi; rezultatul însumării este o calitate diferită de calităţile simple ce o compun. Este simplu de observat că această însumare se poate referi numai la calitatea frecvenţă.

Singurul criteriu folosit pentru acest tip de selecţie este frecvenţa. Aceasta, atît din cauza uşurinţei de discriminare cît şi din cauza proprietăţii acestui criteriu de a se putea aduna cu criterii de acelaşi fel ceea ce măreşte numărul de adrese ce se pot construi cu un număr de calităţi dat.

Adresele ce se pot scrie în forma generală

$$A = a_1\ T_1 + a_2 T_2 + \ldots a_i\ T_i + \ldots a_{i+j}\ T_n \qquad (6)$$

şi în care $a_i \ldots a_{i+j}$, calităţile folosite pot fi oricare : frecvenţa, durata, poziţia, definesc selecţia în cod de impulsuri.

Calităţile cel mai des folosite în coduri de selecţie sînt : durata, poziţia (pauza), amplitudinea, în sensul modulaţiei totale adică impuls sau pauză.

Metodele de selecţie de tipul 1 şi 2 caracterizate prima expresiile A_p (4) şi (5) respectiv, folosesc prin numărul de impulsuri drept calitate de selecţie şi a doua frecvenţă.

Problema alegerii calităţii folosite în semnalul de selecţie se pune numai la selecţia prin cod.

Calităţi folosite în selecţie

Pentru compararea calităţilor din punct de vedere al comportării în canalul de comunicaţie este necesar să ne referim la comportarea unui semnal modulat într-un canal cu zgomot.

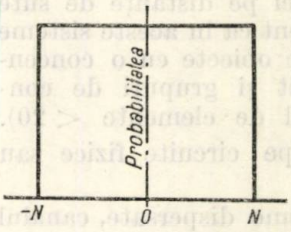


Fig. 2. Distribuţie rectangulară a zgomotului.

În consideraţiile de mai jos se consideră numai influenţa zgomotului de fluctuaţie şi se presupune o repartizare a zgomotului uniformă şi egală cu zgomotul de fluctuaţie maxim posibil în bandă. Se presupune deci că probabilitatea ca zgomotul să fie între 0 şi $\pm N$ este aceeaşi în bandă, dar că cea de a fi diferită este egală cu zero.

Influenţa impulsului de zgomot se evită prin metode care se vor aminti mai departe.

Dacă criteriul de selecţie este durata atunci raportul semnal/zgomot care defineşte comportarea unui impuls modulat în durată, într-un canal cu zgomot pentru care s-au făcut consideraţiile de mai sus are expresia

$$S/N\ (PDM-AM) = \frac{S}{K_2}\left(\frac{F_c}{\alpha f_m F}\right)^{1/2} \qquad (7)$$

în care :

S este valoarea semnalului de informaţie la ieşire în cazul modulaţiei complete (V_{ef});

N — valoarea, la ieşire, a semnalului de zgomot (V_{ef});

F_c — banda de frecvenţă a canalului;

f_m — frecvenţa de tăiere a filtrului trece jos;

$\alpha = \frac{T}{\Delta t} = \frac{\text{durata impulsului}}{\text{durata perioadei de repetiţie}}$;

F — frecvenţa de repetiţie a impulsurilor;

$K_2 = \sqrt{2}\ K_1$ — zgomotul pe unitatea de bandă.

Aşa cum rezultă din formulă, este de aşteptat ca la un canal de comunicaţie încărcat, asigurarea unei benzi de trecere convenabile care să nu deformeze prea mult impulsul să nu fie uşor posibilă.

În plus, presupunînd ales un cod cu două calităţi de durată, este necesar ca diferenţa

între cele două calităţi să aibă o valoare suficientă în aşa fel încît distincţia între calităţi să poată fi făcută cu uşurinţă indiferent de perturbaţiile introduse de canal.

Din datele canalului şi cu formula dată se poate face un calcul al diferenţei minime necesare.

Dar acest criteriu de selecţie are şi alte dezavantaje şi anume :

Modularea în durată la emiţător cît şi descifrarea la receptor se bazează pe fenomene inerţiale. Garantarea unei precizii folosind elemente inerţiale obişnuite nu este practic posibilă în scheme simple, mai ales dacă amintim aici că descifratorul trebuie să poată suporta o variaţie de temperatură de aproximativ 70°C.

Calitatea „poziţie" sau modulaţia de pauză nu diferă în principiu de cea descrisă anterior.

Se poate considera că o modulaţie de poziţie provine dintr-una de durată la care un front este fix iar cel ce poartă informaţia se derivează, ceea ce elimină o parte din influenţa zgomotului.

Raportul semnal/zgomot $\frac{S}{N} = \frac{S}{K_2} \frac{5 F_c}{4 \alpha F f_m^{1/2}}$ (8)

în care termenii care intervin, cu aceeaşi semnificaţie ca în formula (7), arată că acest tip de modulaţie este mai puţin influienţat de zgomotul canalului.

Aceleaşi observaţii rămîn însă valabile în ceea ce priveşte posibilitatea de asigurare a preciziei şi stabilităţii în funcţionare.

Ca o observaţie interesantă, care aduce o notă apreciativă în plus acestei modulaţii, remarcăm că multe din sistemele de selecţie pentru obiecte concentrate construite în majoritate pînă în 1958 folosesc pauza drept criteriu în modulaţia de cod.

Ultima calitate pe care o vom analiza este calitatea de impuls sau pauză, „calitatea" constînd în prezenţa sau lipsa unui impuls într-o secvenţă de p impulsuri.

Avantajele acestei calităţi sînt evidente. În primul rînd elementele de discriminare sînt mai simple. În al doilea rînd, dacă nivelul impulsului depăşeşte un anumit nivel stabilit prin calcul pentru canalul de comunicaţie respectiv, atunci se poate considera că zgomotul introdus de canalul de comunicaţie este nul. În această formă selecţia în cod are cea mai largă răspîndire. Drept urmare, din punct de vedere al influenţei zgomotului canalului de comunicaţie, modulaţia de cod este cea mai potrivită pentru selecţie ca şi pentru telecomenzi în general, asigurînd siguranţa maximă.

Selecţia în cod este folosită în două feluri : direct, prin transmiterea în canalul de comunicaţie a unor impulsuri de curent continuu şi prin intermediul a două canale de frecvenţă care sînt modulate în amplitudine în impulsuri astfel încît semnalul este format din succesiunea a două impulsuri de frecvenţe diferite, o frecvenţă reprezentînd impulsul şi cealaltă pauza, realizîndu-se un cod binar de frecvenţe.

Procedeul este deacum curent folosit în telegrafie şi telecomandă (modulaţie bitonală).

Ca o concluzie a celor spuse apare că cel mai sigur şi mai comod criteriu pentru procedeul de selecţie în cod este modulaţia binară — puls pauză — cu impulsuri de curent continuu sau de frecvenţă.

Cele trei metode de selecţie discutate adică cea telefonică (număr) continuă (frecvenţă) şi selecţia de cod sînt cele mai răspîndite astăzi în operaţii de selecţie sau în operaţii principial asemănătoare selecţiei ca telecomanda şi telesemnalizarea.

În aprecierea unui tip de selecţie au importanţă următoarele puncte de vedere :

— stabilitatea semnalului de selecţie la perturbaţiile canalului de comunicaţie ;

— stabilitatea şi robusteţea receptorului şi emiţătorului ;

— numărul de elemente/obiect necesare în receptor pentru descifrarea semnalului.

Dintre aceste criterii de comparaţie numai primul şi ultimul vor fi discutate aici.

În cazul adreselor de tipul $\Sigma^{*} a_i T_i$ influenţa zgomotului de fluctuaţie poate fi considerată egală cu zero în caz că se asigură nivelului semnalului transmis o valoare mai mare de o valoare limită dată, calculată pentru canalul de comunicaţie dat după formula :

$$S = 2 K_2 (2 M F)^{1/2} \qquad (9)$$

în care :

M este numărul maxim de impulsuri ale semnalului ;

F — frecvenţa impulsurilor ;

Banda necesară unei transmisii este egală cu $\Delta F = \frac{MF}{2}$. Marele dezavantaj al acestui tip de selecţie rezultă din observaţia că nu se pot lua niciun fel de măsuri de protecţie împotriva impulsului de zgomot.

Totuşi din motive de simplitate metoda este folosită dacă este însoţită de un sistem riguros de confirmare a comenzii de selecţie. Probabilitatea ca impulsul de zgomot să influenţeze în acelaşi fel şi comanda şi confirmarea este foarte mică.

Ca număr de elemente componente descifratorul conţine numai un circuit de numărare la capacitatea totală a sistemului cuprinzînd $N = n + 1$ elemente (în cazul obişnuit al selectorului bitact). În caz că acest lucru convine se poate face o selecţie pe grupe.

Cum numărul de elemente în schema descifratorului este egal cu numărul de obiecte alese + 1, la o separare în grupe rezultă relaţia :

$$N + 1 = n_1 n_2 \ldots n_p.$$

La $n_1 + n_2 + \ldots n_p$ = constant, pentru ca $N + 1$ să fie maximum este necesar ca

$$n_1 = n_2 = \ldots n_p. \tag{10}$$

Din punct de vedere al numărului de elemente ale descifratorului soluția optimă va fi deci

$$N + 1 = n^P, \tag{11}$$

deci numărul de elemente de numărare ale unei trepte este

$$n = \sqrt[P]{N + 1}. \tag{12}$$

Selecția de tipul 2, scrisă $A_p = a_p T$ folosește frecvența drept unic criteriu în aplicațiile uzuale.

Comportarea unui semnal modulat în frecvență într-un canal cu zgomot rezultă din relația :

$$\left(\frac{S}{N}\right) FM = \sqrt{\frac{3}{2}} \frac{SD}{K_1 (f_m)^{1/2}} \tag{13}$$

în care :

$D = \Delta\omega$;

$\Delta\omega$ — banda de frecvență ;

Ω — frecvența de repetiție a impulsurilor, restul notațiilor păstrîndu-și semnificația din formula (7).

În afară de limitările impuse de această relație trebuie ținut seama de cele impuse de limitări constructive ale filtrelor.

Criteriul de frecvență poate fi folosit simplu sau compus.

Marele neajuns al acestui sistem de selecție este influența neliniarităților asupra criteriului de selecție ceea ce poate da naștere la distorsiuni și deci selecții greșite.

Folosind o aparatură simplă, pericolul selecțiilor greșite este destul de mare și este necesar să se prevadă un sistem de confirmare a selecției.

În cazul folosirii unui criteriu simplu de frecvență nu apar probleme speciale. În cazul folosirii criteriilor compuse situația se complică din cauza pericolului de diafonie. În literatura de specialitate se arată că, în aplicații industriale obișnuite, primele măsuri care se iau sînt limitarea nivelului maxim de emisie în canal și funcționarea cu emițători individuali.

În cazul unei selecții de tipul 2, în care operatorul timp intervine la un rang unitar, singurele elemente care intervin sînt cele de discriminare a calităților.

Este evident că în acest caz numărul de elemente al descifratorului este egal cu numărul de calități folosit.

Aceasta este una din marile calități ale acestui tip de selecție.

Selecția în cod a cărei expresie generală se reamintește :

$$A = a_1 T_1 \div a_2 T_2 \div a_3 T_3 \div \ldots a_p T_p \div \div \ldots a_{p-q} T_n \tag{6}$$

are proprietatea că permite construirea unui număr de adrese de rang n folosind p calități, dat de relația $N_1 = p^n$.

Se observă că aceasta este metoda care permite cea mai mare utilizare a impulsurilor la un număr de calități dat, deoarece funcția exponențială este cea mai rapid crescătoare funcție continuă.

Influența zgomotului de fluctuație pentru cazul selecției în cod a fost analizată în partea a treia, la discuția criteriilor.

Influența impulsului de zgomot poate fi micșorată și probabilistic total evitată prin foarte multe metode de construire a codului, dintre care amintim cîteva și anume :

— transmiterea dublată a criteriului ;

— transmiterea criteriului dublat de criteriu invers ;

— repetarea codului ;

— codul să fie simetric față de un impuls oarecare ;

— toate codurile să conțină aceeași cantitate de impulsuri de o anumită calitate

Drept rezultat numărul de impulsuri ale codului se mărește.

Se tinde ca toate complicațiile să se facă asupra emițătorului, pentru a putea asigura o simplitate maximă a receptorului.

Din punct de vedere al numărului de elemente pe obiectul selectat, acest sistem este în urma sistemului de frecvență pentru obiectele dispersate cu un grad de concentrație foarte mic.

Numărul de elemente unitare este dat de relația $N_t = p + n + 1$ în care p este numărul de calități și reprezintă elemente de selecție și n — numărul de impulsuri ce conțin codul și reprezintă numărul elementelor de numărare.

Concluzii

1. Problema selecției obiectelor dispersate a fost tratată prima oară în R.P.R. în cadrul problemelor de automatizare în extracția de gaze naturale și țiței.

Pentru industria de petrol și gaze naturale a R.P.R., problemele de selecție amintite, legate direct de controlul automatizat al extracției, transportului și distribuției de petrol și gaze sînt de o mare importanță. Aceste probleme sînt în studiu la I.C.E.T :

2. Stabilirea soluției optime trebuie să țină seamă de următoarele condiții specifice :

a) numărul de elemente de selectat la un post de control ;

b) posibilitățile de alimentare cu energie electrică a aparaturii de selecție ;

c) funcționarea acestei aparaturi în condițiile unor mari variații de temperatură;

d) aparatura de selecție va funcționa într-un complex de control automatizat cuprinzînd telemăsură, telesemnalizare, telecomandă și teledinamometrare pentru cazul sondelor de petrol în pompaj;

e) linia fizică pe care se face selecția este în continuă modificare (se adaugă noi elemente de selectat și se renunță la unele existente).

3. Din punct de vedere al influenței canalului de comunicație, modulația în cod este superioară oricăror alte tipuri de modulație. Valorificarea acestor calități se face asigurînd o anumită valoare impulsului de cod și o anumită lărgime de bandă în canalul de comunicație.

4. Selecția obiectelor dispersate, prin însăși natura problemei, va obliga la soluții diferite funcție (în primul rînd) de numărul de obiecte concentrate la un punct de control.

În cazul selecției în cod, numărătorul descifratorului se calculează la capacitatea totală a sistemului, ceea ce duce la mărirea numărului de elemente obiect în cazul unui grad mare de dispersie. Din această cauză pentru realizarea selecției de obiecte dispersate de mică distanță se folosesc obișnuit două metode: selecția în cod și selecția în frecvență.

4'. Selecția în frecvență este avantajoasă la un grad mare de dispersie a obiectelor (puține obiecte la un post și distanță mare între posturi) din punct de vedere al numărului de elemente/obiect la descifrator.

În cazul în care numărul de obiecte controlate la un post crește, numărul de elemente/obiect ale descifratorului de cod scade și se apropie de cel impus de selecția în frecvență; astfel selecția în cod își poate valorifica superioritatea pe care o are față de orice alt sistem de selecție din punct de vedere al siguranței și stabilității în funcționar.

În comparația dintre cele două sisteme, din acest punct de vedere, trebuie să se țină seamă de diferența de cost care există între un element al descifratorului de cod și unul al descifratorului de frecvență, în favoarea celui de cod.

5. Aplicațiile industriale ale controlului centralizat pe mare distanță impun o severă economie a spectrului de frecvență; aceasta din cauză că în asemenea situații apare necesitatea controlului permanent al unora dintre parametri și la supravegherea ieșirii din limită a altora în plus de telemăsuri, telecomenzi și telereglări făcute la cerere prin selecție.

Din aceste motive, selecția în frecvență în cazul acestor sisteme prezintă dezavantaje serioase atît din punctul de vedere al risipei de spectru cît și al costului.

BIBLIOGRAFIE

[1] LOEB, J.: *Exposé simplifié de la theorie informationelle Shanon en vue de son application aux problèmes de télécomande, télémesure ou mesure.* Annales des télécomunications, nr. 3, mars, 1951.

[2] NICHOLS, MYRON H. și RAUCH, LAWRENCE L.: *Radio Telemetry.* Second Edition. Ed. John Willey 1957.

[3] ENGE, F. I.: *Advantages of pulse code modulation.* Control Engeneering, June 1958.

[4] ILIN, V. A., și KURDINKOV, K. P.: *Despre metodele de comandă la distanță prin selecție de frecvență a obiectelor dispersate.*

[5] SWODA: *Importanța teoriei informației pentru telemăsurări.* Archiw für technische Messen, 1958, nr. 296.

TUDOR TĂNĂSESCU *

Mașinile electronice de calcul analogic față de mașinile electronice de calcul numeric

CZ 681.142–523.8

În rezolvarea problemelor științifico-tehnice, prima treaptă este analizarea procesului și formularea scheletului matematic pe baza căruia se poate deduce soluția căutată. Trecerea mai departe de la ecuații la soluții se poate face prin mașini de calcul, fie prin calcul analogic, fie prin calcul numeric (digital). În primul caz prin alegerea unor elemente electrice și electronice se pot stabili relativ ușor circuite analoge; în acest caz mărimile analoge sînt adunate, scăzute, înmulțite, integrate sau derivate prin procese fizice corespunzătoare în circuite.

În cazul al doilea, fiecare mărime de calcul se transformă într-un număr codificat de pulsuri și operațiile între mărimile de calcul se reduc la adunări de mărimi codificate în pulsuri, ținînd seama că înmulțirea este o adunare repetată, iar integrala este o sumă de produse.

Pînă acum 10 ani se dispunea numai de mașini electronice de calcul analogic; în ultima decadă s-au dezvoltat rapid mașinile electronice numerice care s-au introdus corespunzător în problemele de calcul.

* Prof. dr. ing. T. TĂNĂSESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R., este șeful catedrei de tuburi electronice și tehnică nucleară a Institutului Politehnic-București.

Aplicaţiile tuturor acestor maşini de calcul s-au făcut în toate domeniile ştiinţelor şi tehnicii; ele au fost aplicate şi în lucrările administrative şi de birou.

Aproape în orice problemă se pot utiliza fie maşini numerice, fie analoge. Totuşi se constată uneori, că într-o anumită problemă, se utilizează mai avantajos un tip de maşină şi nu celălalt. În studiul de faţă se încearcă să se traseze o orientare în alegerea tipului de maşini cel mai potrivit pentru diferite categorii de probleme.

În primul rînd aceste două tipuri de maşini de calcul se deosebesc între ele după precizia lor de lucru. Maşinile analoge merg cu precizia rezultatelor pînă la 1—0,1% pe cînd la maşinile numerice precizia poate fi împinsă oricît de mult, după numărul de cifre din care poate fi compus un număr în construcţia maşinii respective. Cele două tipuri de maşini sînt ilustrate prima prin rigla de calcul şi cea de-a doua prin abaca cu bile.

Bineînţeles că odată cu creşterea numărului de cifre prin care este reprezentat un număr în maşina numerică, creşte şi volumul şi preţul acestei maşini. Obişnuit, mărimea numerelor începe de la unitate şi se opreşte la miliarde sau zeci de miliarde, mărime care este suficientă şi în calculele de contabilitate.

O altă caracteristică diferenţiată la cele două tipuri de maşini este flexibilitatea lor în utilizare.

La maşinile analoge fiecare operaţie matematică — adunare, înmulţire, integrare etc. — se execută pe un dispozitiv fizic; în raport cu structura ecuaţiei şi cu procesele fizice corespunzătoare se cuplează între ele dispozitivele electrice şi electronice şi se obţine astfel uşor maşina analogă necesară. Pentru fiecare problemă se asamblează astfel cîte o maşină analogă, din elemente standard care efectuează operaţiile. În această asamblare constă aci programarea maşinii.

La maşina numerică fiecare operaţiune trebuie descompusă în adunări elementare, iar rezultatele parţiale reţinute provizoriu în memorii. Pentru automatizarea operaţiilor trebuie să elaborăm o programare detaliată a multiplelor adunări elementare pe care trebuie să le execute automat, în mod succesiv, maşina. Această programare se înscrie în memoria maşinii, atunci cînd ea trebuie aplicată la multe calcule repetate similare. La maşina numerică programarea, care se bazează numai pe logica calculatorică este laborioasă, însă ea permite o mare flexibilitate în utilizarea acestui tip de maşină la o mare diversitate de probleme. În general, maşinile analoge sînt mai simple din punct de vedere constructiv decît maşinile digitale şi deci sînt mult mai ieftine.

Mai amintim în sfîrşit, diferenţierea care există între cele două tipuri de maşini, în ce priveşte introducerea datelor şi citirea rezultatelor.

La maşina analogă variabilele sînt obişnuit reprezentate de tensiuni şi curenţi, iar coeficienţii, parametrii problemei, prin valorile elementelor electrice din circuite; rezistenţe, capacităţi inductante etc. Citirea rezultatelor care obişnuit se prezintă sub forma unei funcţiuni de o variabilă, se poate urmări într-un instrument de măsură a cărui indicaţie variază în timp, sau într-un înregistrator fie electro-mecanic inscriptor, fie tub catodic; în ultimul tip de înregistrare se prevede o repetare periodică a fenomenului analog fizic, spre a realiza persistenţa curbei pe ecran. În toate aceste cazuri este o problemă importantă stabilirea scărilor de măsură, atît pentru parametrii iniţiali care se introduc în maşină, cît şi pentru rezultatele care se citesc la ieşire.

La maşina de calcul numeric problema scărilor este mai simplă întrucît atît toţi parametrii cît şi toate variabilele se transformă în număr de pulsuri; singura chestiune care se pune aci este aşezarea virgulei, la rezultatele parţiale care se adună între ele. Dar aceste operaţiuni se fac obişnuit la maşină în mod automat, dacă programarea iniţială prevede aceasta.

Maşinile numerice care sînt destinate la un volum mare de lucrări, au la intrare prevăzute dispozitive speciale pentru introducerea datelor, cum sînt cartelele şi benzile perforate şi magnetice. La ieşire, de asemenea sînt prevăzute maşini de scris automate, rapide sau alte dispozitive de imprimare a rezultatelor numerice pe benzi de hîrtie.

Uneori, maşinile analoge au la ieşire dispozitive de transformare a mărimilor continue în mărimi digitale, numerice, fie pentru a fi introduse într-o maşină de calcul numerică, fie pentru a fi indicate sau imprimate sub formă numerică.

În această privinţă se aminteşte că instrumentele electrice de măsură încep să se construiască azi cu indicaţie numerică, în loc de indicaţie continuă obişnuită; ele pot astfel trimite uşor informaţii la intrarea unei maşini de calcul numerice.

Pentru a aprecia calităţile fiecăruia din cele două tipuri de maşini de calcul vom urmări aplicarea lor în cîteva probleme tipice.

În primul rînd să considerăm studiul unui sistem regulator, al unui servomecanism. Obişnuit aceste sisteme sînt liniare. Mai întotdeauna se aplică aci maşina de calcul analog care realizează un circuit electric cu aceeaşi ecuaţie diferenţială ca şi sistemul regulator care se studiază. Se aplică acestor circuite perturbaţii similare cu cele întîlnite în sistemul real şi se studiază oscilaţiile înregistrate la ieşirea maşinii de calcul precum şi noua valoare staţionară, după trecerea regimului tranzitoriu. Se deduce dacă sistemul este stabil şi dacă este cazul, se

determină frecvenţa şi amortismentul oscilaţiilor. Se pot produce variaţii în perturbare şi variaţii în valorile parametrilor sistemului, urmărindu-se comportarea sistemului în fiecare caz.

În aceste studii este foarte util faptul că la maşina analogă, se poate face o transformare a scării timpului, fenomenele rapide transformîndu-se în fenomene lente.

Studiul sistemului de reglare poate fi făcut şi cu o maşină de calcul numeric, procedîndu-se în acest caz prin alte metode matematice. Potrivit este de astă dată să se rezolve ecuaţia caracteristică a sistemului, să se deducă frecvenţele proprii şi amortismentele respective. Se pot de asemenea verifica criterii algebrice, cum este criteriul Routh şi Hurwitz. În ultimii 5 ani s-au introdus metode de integrare prin calculatori numerici, reuşindu-se cu o programare adecvată să se calculeze prin puncte curba de răspuns a unui sistem de reglare. Metoda nu este simplă şi în plus una din greutăţi este alegerea intervalului între două puncte.

Pe cînd la maşinile de calcul analog se poate ţine seama relativ uşor de efecte de neliniaritate, la maşinile de calcul numeric este mai greu.

În ceea ce priveşte costul rezolvării unei probleme, cu aceste maşini situaţia este în general favorabilă pentru maşina analogă.

De aceea, pînă acum s-au preferat maşinile analoge la asemenea studii, asupra servomecanismelor; nu este însă exclus ca în anii care vin, dacă se va dispune de centre cu maşini de calcul numeric, cu programare uşoară, să se lărgească utilizarea acestor maşini.

O categorie similară de probleme rezultă cînd se pune problema integrării ecuaţiilor cu derivate parţiale, cum sînt problemele de transmisie a căldurii sau a undelor electromagnetice. Aci se poate ţine seama că unii coeficienţi nu sînt constanţi, de pildă în intervalul mare de variaţie a temperaturii; cu alte cuvinte trebuie să se ţină seama că sistemul este neliniar. În cazul a două variabile, se poate reduce problema la integrări de ecuaţii diferenţiale simple, adoptînd pentru una din variabile o serie de valori, adică, înlocuind operatorul diferenţial la acea variabilă, printr-un operator de diferenţe finite. De pildă, cu o maşină de calcul analog este suficientă o serie de circa 10 valori pentru această variabilă; adică cu 10 sisteme analoge compuse din cîte un amplificator şi un generator de funcţii, lucrînd simultan împreună, se obţine direct familia de curbe reprezentînd rezultatul integrării.

În cazul maşinii de calcul numeric se poate proceda aproape pe aceeaşi cale, însă integrările în raport cu timpul trebuie făcute în trepte, adică cca. 500 calcule de însumare pentru o curbă, într-un exemplu concret. Dezavantajul nu este numai timpul mai lung de rezolvare cu maşina numerică, dar mai este programarea la aceasta, care necesită muncă şi timp, mai mult ca la aceea analogă.

O altă categorie de probleme asociate cu ecuaţii Laplace sînt cele în legătură cu calculul reţelelor electrice, cu aplicare la generatori, transformatori, întreruptori, regulatori de tensiune şi alte dispozitive. Obişnuit, aceste probleme se rezolvă cu maşini analoge simple, reprezentate prin mese de calcul formate din reţele electrice în miniatură, lucrînd fie în curent continuu fie în curent alternativ. Pe ele se poate citi la instrumentele de măsură distribuţia de curenţi, tensiuni, puteri, factori de putere, fie în regim normal, fie în cazuri de scurtcircuite sau întreruperi; ele servesc şi la studii de stabilitate a regimului de funcţionare pe reţele, precum şi în studii de alimentare a reţelei din diferite puncte.

Nimic nu se opune ca aceste probleme să fie rezolvate şi prin calculatori numerici, însă simplitatea de lucru cu mesele electrice de calcul, interpretarea directă şi uşoară a mărimilor variabile care intervin, fac ca ele să fie preferate. Programarea de fiecare dată a maşinii de calcul numeric şi nevoia schimbării programării la modificarea ipotezelor de lucru în reţea, sînt greutăţi în utilizarea maşinilor numerice. În cazuri cu totul speciale sînt utilizate aceste maşini în calculul reţelelor electrice.

Dar reţelele electrice, în afară de problemele propriu-zis electrice, au şi probleme economice, actuale sau în dezvoltare. Acest gen de probleme se rezolvă uşor cu maşinile numerice. Mai sînt unele probleme în care intervin mărimi variabile statistic, de exemplu probleme de zgomot în radiotehnică sau servomecanism şi probleme de fizică atomică. Ele pot fi rezolvate atît cu maşini analoge cît şi cu maşini numerice.

Astfel se pune uneori problema de a analiza spectral un zgomot dat prin impulsurile sale, adică de a aplica transformarea Fourier. Prin maşina analogă calculul se face simplu, aceasta introducînd o serie de filtre electrice în drumul semnalului, reprodus de pildă de pe o bandă magnetică. După fiecare filtru se prevede un integrator care dă valoarea eficace medie în banda respectivă; apoi se trece la ieşire pentru înscrieri pe o bandă sau pe un ecran, a punctelor curbei spectrale de ordinea frecvenţelor medii crescînde ale filtrelor. Obişnuit banda la intrare lucrează în circuit închis aşa încît se poate realiza pe un oscilograf curba spectrală prin repetarea integrărilor la fiecare tur al benzii.

Dacă s-ar încerca să se efectueze această analiză spectrală într-un calculator numeric, ar trebui întîi înregistrată funcţia de perturbaţie şi apoi ar urma să se calculeze transformarea Fourier prin integrare. Vor fi necesare multe integrări, fiecare cu probabil vreo 5 000 intervale care vor determina multe înmulţiri şi adunări ceea ce lungeşte timpul de lucru, cu toată viteza mare cu care lucrează maşina.

În fizica nucleară apar de asemenea numeroase cazuri în care intervin procese statistice şi variabile aleatorii.

Problemele de tip Monte Carlo care se pun aci pot fi rezolvate atît de maşini analoge, cît şi de maşini numerice.

În aceste probleme fie mărimea de intrare, fie unul din parametrii sistemului, fie ambii variază statistic, şi deci rezultatul nu poate fi decît şi el o variabilă aleatorie. Problema se poate soluţiona pe un model analog, în care se introduce variabila statistică sau se variază statistic parametrul sistemului şi din rezultatul de la ieşire de natură aleatorie, se deduce deviaţia lui standard, spectrul, distribuţia probabilităţii lui şi altele. Funcţionarea modelului trebuie să aibă loc în mod suficient de lung pentru ca aproximaţia de calcul să fie mulţumitoare.

De pildă într-un reactor nuclear cu grafit se nasc continuu neutroni într-un proces static. Aceşti neutroni în timpul vieţii lor pot avea unele incidente, cum sînt: ciocniri cu nucleele de grafit, pot fi captaţi de barele de uraniu, pot fi pierduţi în afară sau pot deveni neutroni lenţi după numeroase ciocniri. Trecerea în stare de neutroni lenţi, o stare interesantă pentru aplicaţii, depinde de ciocnirile — de natură statistică — care le suferă fiecare electron. Ciocnirea este un proces statistic, ea apare în ritm neregulat şi modifică aleatoriu direcţia de mişcare a neutronului şi viteza lui corespunzătoare după ieşire.

Maşina de calcul va trebui să urmărească în timp ce se întîmplă cu fiecare neutron după naşterea lui din fisiunea nucleară, să urmărească traiectoria şi viteza lui, ţinînd seama de forma şi dimensiunea barelor de uraniu, de dimensiunile canalului de ventilaţie din jur, de dimensiunile blocului de grafit, de secţiunile lor eficace, în sfîrşit de o serie de parametri, care unii variază după legi bine cunoscute, iar alţii variază statistic, cum sînt cei în legătură cu ciocnirile.

În general este indicată o maşină numerică pentru rezolvarea acestei probleme. Totuşi dacă se face ipoteza împărţirii neutronilor numai în două categorii, fierbinţi şi calzi, atunci problema poate fi rezolvată mai simplu printr-o maşină analogă.

În această maşină vom avea două benzi magnetice de intrare; pe una sînt înregistrate ritmurile regulate ale ciocnirilor neutronilor în uraniu şi grafit, după care ei sînt lenţi sau rapizi şi pe alta sînt înregistrate variaţiile aleatorii ale unghiurilor de deviere după ciocnire.

La o ciocnire indicată de prima bandă se introduce în calculator un grup de valori de pe banda a doua; calculatorul ţinînd seama şi de situaţia anterioară a mişcării neutronului, calculează o serie de condiţii în legătură cu noua mişcare şi determină ajungerea în poziţii de discontinuitate, adică de trecere din grafit în uraniu sau de trecere prin canalul de ventilaţie. Unele relee funcţionează în aceste situaţii şi corespunzător modifică parametrii de calcul, cum ar fi secţiunea eficace, adică sistemul ciocnirilor neregulate de pe prima bandă de la intrare. Cînd viteza neutronului calculată de maşină ajunge sub o anumită limită, neutronul trece din starea fierbinte în cea caldă.

Contori în legătură cu releele numără neutronii scăpaţi pe canalul de ventilaţie, pe cei scăpaţi afară din grafit, pe cei transformaţi din fierbinţi în calzi, pe cei captaţi de barele de uraniu.

În modul acesta fiecare poziţie iniţială din care pleacă neutronul şi pentru fiecare direcţie de lansare se determină o statistică privind locul unde el sfîrşeşte.

Un asemenea calcul cu o maşină analogă se estimează la 20—40 ore de lucru. Cu o maşină numerică timpul de lucru este aproape acelaşi.

Maşina analogă necesară este mai simplă şi un laborator nuclear poate mai uşor dispune de ea.

Este drept însă că o maşină numerică ar mai putea elimina unele din ipotezele simplificatoare, care au fost necesare pentru a se putea utiliza o maşină analogă în aceste probleme statistice. De pildă s-ar putea ţine seama pe parcursul vieţii unui neutron de variaţia cu energia lui a drumului mediu liber între două ciocniri ale secţiunii eficace, precum şi de crearea de neutroni în fisiuni. În modul acesta cu maşinile numerice se rezolvă şi probleme mai complexe, în care intervine de pildă funcţionarea critică a reactorului. Totuşi cînd este vorba să se studieze în ipoteze simplificatoare, maşinile analoge sînt cele mai indicate.

În ce priveşte utilizarea celor două tipuri de calculatoare în diferite domenii, observăm că în ştiinţă şi tehnică generală se preferă maşinile numerice, care au mare flexibilitate în lucrări complexe, pe baza posibilităţii programării oricărei lucrări. De asemenea în lucrările administrative şi de birou, maşinile numerice sînt mai mult întrebuinţate în primul rînd datorită faptului că în contabilitate şi în situaţii financiare trebuie raportate numere cu precizie de plus sau minus unu.

În domeniul industrial al maşinilor de lucru automate sînt mult utilizate maşinile analoge, care sînt indicate prin faptul că ele au să conducă aci mişcări simple şi cu o programare unică.

Nu trebuie să neglijăm faptul că aci în domeniul industrial problema economicităţii se pune pe prim plan. Chiar şi în sistemele mai extinse de automatizare se preferă maşinile analoge. Numai în problemele foarte complexe de automatizare, care conduc un întreg proces tehnologic, se introduc în unele cazuri maşinile numerice, şi acestea uneori în combinaţii cu maşinile analoge.

În concluzie, în alegerea tipului de maşină se ţine seamă în primul rînd de faptul că maşinile numerice au avantajul unei precizii nelimitate, pe cînd cele analoge au precizii numai pînă la 1%—0,1%; totuşi trebuie să recunoaştem că această precizie mai redusă este de multe ori nesatisfăcătoare, în probleme tehnice şi de proiectări. Maşinile analoge sînt întotdeauna suficiente în aceste lucrări. Mai trebuie să observăm de asemenea că maşinile numerice ne dau prin situaţiile lor imagini separate într-un film, pe cînd cele analoge ne înfăţişează în mod continuu procesul. De aceea, în aplicaţii trebuie să se ţină seama de natura problemei. În sfîrşit, economicitatea situaţiei impune în cazuri concrete maşina analogă, în loc de maşina numerică. Calculul economic este însă destul de greu de făcut, întrucît nu trebuie să se ţină seama numai de investiţiile care se fac dar şi de cheltuielile de exploatare, care în general la maşina numerică sînt ridicate, în primul rînd din cauza costului lucrărilor de programare la fiecare problemă.

În încheiere, atragem atenţia că nu se poate spune că maşinile numerice vor înlocui în viitor maşinile analoge, sau invers; se constată actualmente o completare utilă a celor două tipuri de maşini, care desigur se va continua. Se prevede chiar o lărgire a asocierii maşinilor numerice cu cele analoge în instalaţiile complexe de automatizare.

BIBLIOGRAFIE

[1] LEBEDEVA S. A.: *Vicislitelnaia tehnika i ei primenenie.* Moscova, 1959.

[2] KITOV A. I.: *Elektronnie vicislitelnîie maşini.* Moscova, 1958.

[3] GOMPERTS R. J.: *Computing applications where analogue methode appear to be superior to digital.* The Journal of the British Inst. of Radio Eng. 17, 1957, p. 421—428.

[4] HARDER E.: *Digital versus analog computation.* Annales de l'Asociation internationale pour le calcul analogique, I, 1959, p. 298—300.

ROMAN STERE*

Realizarea şi utilizarea dispozitivelor semiconductoare în R.P.R.

CZ 621.315.592 (R)

În amplul şi documentatul articol al prof. dr. ing. T. TĂNĂSESCU [1] s-au expus numeroasele aplicaţii ale semiconductorilor în cele mai diferite domenii ale tehnicii.

În articolul de faţă vom căuta să prezentăm situaţia actuală şi perspectivele realizării în ţară şi aplicării imediate a dispozitivelor semiconductoare în cîteva domenii tehnice determinate: electrotehnica curenţilor tari; radio şi telecomunicaţiile; electronica industrială, telemecanica şi automatica.

Vom trece totodată în revistă lucrările efectuate în Institutul de Cercetări Electrotehnice, de asemenea, lucrările în domeniile amintite efectuate în alte institute şi întreprinderi şi vom indica cîteva direcţii în care se dezvoltă în continuare în ţară cercetările aplicate în vederea elaborării şi folosirii dispozitivelor semiconductoare în domeniile enunţate. Menţionăm că în acest articol nu am atins problemele cercetărilor fundamentale în acest domeniu.

Partidul şi guvernul nostru, apreciind importanţa deosebită pe care o are aplicarea tehnică a semiconductorilor, printr-o serie întreagă de măsuri luate în cursul anilor 1958 şi 1959 a dat un sprijin puternic dezvoltării cercetărilor în domeniile amintite în Institutul de Cercetări Electrotehnice şi în alte institute departamentale, de asemenea asimilării producţiei în ţară a dispozitivelor semiconductoare, în cele mai scurte termene.

După cum se arată în Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. în 1960—1965 „*...se va construi o fabrică de piese de radio şi semiconductori. Se va însuşi producţia de elemente cu semiconductori şi se vor produce noi tipuri de aparate de radio, aparate de televiziune, echipamente electronice industriale; se va dezvolta producţia de echipament telefonic*".

„*Se va asigura treptat producerea în ţară a elementelor de automatizare, în special a celor electronice, folosind în largă măsură semiconductorii;...*"

Acest sprijin multilateral şi preocuparea susţinută a partidului şi guvernului nostru stau la baza obţinerii rezultatelor pe care le vom expune pe scurt în acest articol şi a perspectivei dezvoltării ulterioare a realizării şi utilizării dispozitivelor semiconductoare în R.P.R.*)

1. Electrotehnica curenţilor tari

Unul din domeniile mai vechi de aplicare a semiconductorilor în electrotehnica curenţilor tari îl constituie descărcătoarele destinate protecţiei împotriva supratensiunilor a echipamentului utilizat în transportu lenergiei electrice.

Descărcătoarele sînt dispozitive prezentînd o rezistenţă importantă la tensiunile normale de lucru ale liniei de transport şi o rezistenţă scăzută în momentul apariţiei supratensiunii, folosind proprietăţile neliniare ale unei mase din carbură de siliciu (carborund), aglomerată cu liant anorganic.

* Conf. ing. R. STERE este şeful secţiei Semiconductori din Institutul de Cercetări Electrotehnice.

*) Articolul de faţă are la bază textul referatului prezentat de autor la consfătuirea de „Semiconductori şi aplicaţiile lor" organizată de Academia R.P.R. în decembrie 1959.

Ţinînd seama de numărul mare de asemenea descărcătoare necesare anual pentru electrificarea ţării, Institutul de Cercetări Electrotehnice a început cu cîţiva ani în urmă cercetările şi actualmente s-a elaborat complet tehnologia acestor descărcătoare, cu utilizarea integrală a materiilor prime din ţară; astfel s-au elaborat şi verificat compoziţia şi caracteristicile necesare ale carborundului electrotehnic, s-a elaborat tehnologia fabricării discurilor aglomerate din acest carborund, de asemenea a eclatorilor şi rezistenţelor neliniare de şuntare ce intervin în descărcători, în fine s-a elaborat construcţia întregului descărcător şi s-au fabricat semiindustrial cîteva sute de bucăţi. Aceste descărcătoare au fost introduse în reţelele de energie, verificate cu succes şi urmează a intra în fabricaţie industrială în viitorul apropiat în una din întreprinderile industriei electrotehnice.

Au fost elaborate descărcătoare pentru diferite tensiuni nominale cuprinse între 0,5 şi 35 kV, cu curenţi nominali de descărcare de 3 000 şi de 5 000 A şi cu o tensiune reziduală la curentul nominal de descărcare, de 4—5 ori tensiunea nominală, rezultate ce corespund nivelului tenhicii mondiale pentru gama de tensiuni considerată.

Lucrările de cercetare ulterioare vor trebui să ducă la realizarea descărcătoarelor pentru tensiuni nominale mai ridicate (60, 110 şi 220 kV) odată cu creşterea curentului nominal de descărcare la 10 kA şi mai mult.

Un alt domeniu vast de aplicare şi-l găsesc semiconductorii în redresarea de putere a curentului alternativ.

Curentul alternativ este astăzi dominant, atît în producţia cît şi în transportul energiei electrice. La utilizare însă, curentul alternativ nu este totdeauna adecvat tuturor aplicaţiilor tehnologice. Aceasta face ca în multe ţări industriale, în măsură din ce în ce mai mare, o parte importantă a energiei electrice produse, pînă la 20 sau chiar 25% din total, să trebuiască să fie pusă la dispoziţie sub formă de curent continuu. Aceasta este necesar pentru industria electrochimică şi electrometalurgică, pentru acţionări electrice importante, pentru electrificarea transportului feroviar şi urban, pentru sudură şi pentru multe alte domenii dintre care unul destul de important este acel al aparaturii de telecomunicaţii, de electronică industrială, de automatică, de radio şi televiziune.

La nivelul de producţie de energie electrică a ţării noastre prevăzută pentru anii 1960—1965 şi ţinînd seama de avîntul deosebit al industriei chimice, rezultă că va fi necesar să se transforme în curent continuu puteri de ordinul sutelor de mii de kilowaţi.

Dacă pînă de curînd încă, redresarea de putere cu redresoare cu mercur era predominantă pentru tensiuni de ordinul sutelor de volţi, iar convertizarea cu maşini rotative era predominantă pentru tensiuni joase şi curenţi intenşi — de ordinul miilor de amperi — astăzi tendinţa este de a se trece în toate domeniile de tensiuni la redresarea cu dispozitive semiconductoare, şi anume cu celule redresoare cu seleniu (eventual cu germaniu) pentru tensiuni mai coborîte (de ordinul zecilor de volţi) şi cu siliciu pentru tensiuni de ordinul sutelor sau chiar miilor de volţi. Această tendinţă se explică prin volumul mult redus, siguranţa mult mai mare în funcţionare şi simplificarea extremă, dacă nu practic eliminarea întreţinerii în exploatare pe care o permit redresoarele cu semiconductori datorită duratei de viaţă nelimitate.

Problema mai importantă pe care o ridică în utilizare aceste redresoare este sistemul de protecţie foarte rapidă pe care îl necesită datorită rezistenţei scăzute la suprasarcină.

Fabricarea dispozitivelor semiconductoare la noi în ţară în scopurile menţionate este cu atît mai raţională cu cît nu există dezvoltată pînă în momentul de faţă o industrie a tuburilor cu vid sau cu descărcări în gaze în scopurile menţionate, iar soluţia convertizoarelor rotative este învechită, fiind greoaie şi scumpă.

Ţinînd seama de considerentele amintite, în Institutul de Cercetări Electrotehnice au început încă de cîţiva ani lucrările pentru asimilarea fabricării în ţară a celulelor redresoare cu seleniu, care şi astăzi nu şi-au pierdut importanţa pentru redresare la tensiuni nu prea ridicate, a unor curenţi de ordinul zecilor sau sutelor de amperi, şi pentru care în ţara noastră există şi materia primă necesară.

S-a elaborat întîi tehnologia şi s-au construit utilajele necesare pentru producerea celulelor redresoare cu seleniu cu suprafeţe de pînă la 100 cm^2, utilizînd tehnica depunerii seleniului prin presiune pe un suport de oţel nichelat; performanţele obţinute şi anume 18 V eficace tensiune inversă pe celulă, la o densitate de curent de 25 mA/cm^2, corespund maximului ce se poate obţine prin această tehnologie simplă. Cercetările efectuate în ICET în această direcţie au permis ca în 1959 la Uzinele „Grigore Preoteasa" să se organizeze producţia industrială a redresoarelor cu seleniu, utilizînd numai instalaţii de producţie construite în ţară, în parte chiar în institut.

În continuare s-a studiat în institut tehnologia fabricării celulelor redresoare cu seleniu cu structuri suprapuse depuse prin evaporare în vid pe suport de aluminiu, reuşindu-se să se stabilească complet procesul tehnologic industrial pentru celule cu o tensiune inversă de 36 V eficace maximum, iar în faza de laborator o tehnologie asigurînd chiar pînă la 50 V eficace pe celulă (valori măsurate la un curent invers maxim de 1 mA/cm^2).

Prin trecerea în cursul anului 1960 a întregii fabricaţii a Uzinelor „Grigore Preoteasa" pe această nouă tehnologie şi cu unele utilaje noi, va

fi acoperit tot necesarul țării în asemenea celule. În domeniul cercetării în această direcție sînt în continuare studiile pentru creșterea densității de curent admise de la 25 ÷ 40 mA/cm², fără răcire forțată cît s-a obținut astăzi, la 50—100 mA/cm² cît se obține în cele mai bune celule fabricate în străinătate în momentul de față. Cu răcire forțată cu aer sau cu ulei, aceste cifre se pot dubla sau tripla.

Pentru redresarea tensiunilor mai înalte, după cum s-a arătat, tendința modernă este de a se trece la *celule redresoare cu siliciu*. Dacă pînă acum 2—3 ani se mai discuta încă problema aplicării în acest scop a germaniului sau siliciului, astăzi tendința s-a fixat net spre siliciu, datorită însușirilor superioare ale dispozitivelor din acest material din punct de vedere al stabilității termice pînă la temperaturi de 150—200°C, ceea ce face suficientă răcirea cu aer a celulelor și permite creșterea densității de curent admisibil pînă la 230 A/cm² de joncțiune redresoare, de asemenea datorită tensiunilor inverse de vîrf de 1 000 V sau chiar mai mult pe care le admit pe celulă.

Este interesant din acest punct de vedere să se facă o comparație a unei celule redresoare cu siliciu cu o celulă redresoare cu seleniu. Dacă admitem la o celulă redresoare cu siliciu, ținînd seama și de un anumit coeficient de siguranță, o tensiune redresată de numai 220 V, la o densitate de curent redresat de 160 A/cm², rezultă că puterea redresată de celulă se ridică la circa 35 kW/cm². Cifra de comparație pentru o celulă cu seleniu de bună calitate, admițînd o tensiune redresată de circa 13 V la o densitate de curent de 0,2 A/cm² este de 2,6 W/cm², adică de aproximativ 13 000 ori mai puțin decît la celula cu siliciu.

Iar în ce privește randamentul redresării, ambele celule avînd o cădere de tensiune de circa 1—1,2 V la curentul nominal, se vede că la tensiuni mai înalte, la care ajunge totuși o singură celulă cu siliciu, randamentul pe care aceasta îl asigură este de peste 99%, pe cînd la celulele cu seleniu acest randament nu poate depăși 90%, ținînd seama și de curentul invers mai mare al acestora.

Din compararea acestor cifre rezultă totodată și economia mare de spațiu pe care o asigură celulele redresoare cu siliciu față de cele cu seleniu, datorită densităților de puteri mult mai mari pe care le admit și pierderilor mult mai mici.

Ținînd seama de cele arătate, făcînd al doilea pas în domeniul asimilării celulelor redresoare de putere pentru industria electrotehnică, ICET s-a axat pe celulele cu siliciu. Un avantaj suplimentar esențial pe care acest material îl prezintă este și faptul că obținerea lui în cantitățile necesare unei industrii de semiconductori nu ridică nici un fel de probleme de extracție, așa cum este cazul la germaniu. Desigur că abordarea realizării dispozitivelor cu siliciu este mult mai dificilă decît a celor cu germaniu, atît în etapele de purificare chimică, cît mai ales de purificare fizică și realizare a însăși dispozitivelor, deoarece temperaturile de tratament în toate aceste etape sînt mult mai ridicate la siliciu decît la germaniu, de asemenea activitatea lui chimică mai mare.

Lucrările au început în ICET prin purificarea chimică a siliciului, punîndu-se întîi la punct într-o fază semiindustrială și ducîndu-se la o purificare avansată metoda reducerii tetraclorurii de siliciu cu zinc, metodă abordată mai de mult la IFA. Lucrările de la ICET au permis realizarea unei instalații pilot cu o capacitate de producție de 25 kg siliciu pur pe an, cu o puritate de peste 99,9% și o rezistivitate a acelor cristaline de 5—15 Ω.cm. Materialul obținut a putut fi imediat folosit pentru realizarea unor diode cu siliciu cu contacte punctiforme, pentru aplicații în înaltă frecvență. După aceea s-a trecut și la obținerea siliciului de înaltă puritate sub formă de bare prin metoda descompunerii termice a silanilor. Aceste bare, care au putut fi utilizate direct pentru purificare ulterioară prin topirea zonală constituie astăzi soluția cea mai modernă a obținerii siliciului necesar dispozitivelor semiconductoare. În ultima fază a acestor lucrări s-a ajuns a se obține bare din siliciu fără impurități sesizabile spectrografic, complet lipsite și de bor, care după cum se știe nu poate fi decît cu greutate îndepărtat la purificarea ulterioară prin topire zonară.

Trecînd la etapa a doua, a preparării monocristalelor de siliciu, s-a realizat în ICET o instalație de purificare prin topire zonară, fără creuzet, în care s-au putut obține din siliciul obținut prin descompunerea tetraclorurii monocristale cu rezistivitate de ordinul Ω . cm, iar din barele obținute prin reducerea silanului și triclor silanului monocristale cu rezistivități de ordinul a 50 ÷ 300 Ω. cm, și o densitate a dislocațiilor de circa 10^4 linii/cm². Aceste valori depășesc necesarul pentru realizarea tranzistoarelor și permit obținerea unor celule redresoare cu tensiuni inverse de ordinul sutelor de volți.

În momentul de față sînt în curs lucrările pentru elaborarea tehnologiei celulelor redresoare cu joncțiuni, cu siliciu de tip *p*, cu joncțiunea obținută prin aliere cu aliaj aur-stibiu. Primele modele de laborator ale acestor celule au și fost obținute.

În cursul anului 1960 rezultatele de laborator vor fi aduse pînă la o tehnologie de producție semiindustrială, care să permită ca în cursul anilor 1961—1962 să poată fi organizată în țară o producție de redresoare cu siliciu, întîi pentru curenți de ordinul 1—2 A pe celulă și ulterior pentru curenți mai mari, de 50—200 A.

Pasul următor va fi realizarea redresoarelor cu siliciu comandate de tipul tranzistorului tiratron, care au apărut în străinătate în ultimii ani și care permit înlocuirea redresoarelor cu

mercur comandate, în toate aplicaţiile acestora. S-au atins valori de 50 A/celulă curent redresat şi 300 V tensiune blocată în ambele sensuri.

Totodată, în 1961 va fi asimilată în ţară şi fabricaţia industrială a celulelor redresoare cu germaniu pentru curenţi pînă la 10—15 A şi tensiuni inverse pînă la 100 V pe celulă, destinaţi redresării la tensiuni mai scăzute, în special în domeniul radio şi telecomunicaţiilor, automatizării şi telecomenzilor.

În afara acestor aplicaţii ale semiconductorilor în domeniul curenţilor tari, considerăm ca interesante şi imediate aplicaţiile în ţară a semiconductorilor ca generatori Hall, în special pentru măsurarea curenţilor continui intenşi şi a cîmpurilor magnetice în maşinile electrice. În acest sens se îndreaptă lucrările cercetătorilor de la Institutele Politehnice Timişoara şi Bucureşti.

2. Radio şi telecomunicaţii

În acest domeniu semiconductorii au pătruns la noi în ţară încă de cîţiva ani, chiar în aparatele şi radioreceptoarele cu tuburi electronice, întîi sub forma redresoarelor cu seleniu şi mai de curînd sub forma feritelor. Este vorba de înlocuirea treptată a magneţilor permanenţi metalici, apoi a miezurilor pentru diferitele bobine de înaltă frecvenţă, în fine chiar a miezurilor transformatoarelor de joasă frecvenţă, cu materialele oxidice noi, feritele prezentînd avantajele bine cunoscute în ce priveşte costul, economia de materii prime deficitare (nichel sau fier carbonyl) şi calităţile deosebite în înaltă frecvenţă.

Un prim rezultat al cercetărilor începute la Uzinele „Electronica" şi apoi dezvoltate mai larg în Institutul de Cercetări Electrotehnice asupra feritei de bariu şi influenţei diferitelor adaosuri asupra ei, l-a constituit organizarea în 1957 şi 1958 a producţiei în ţară a magneţilor permanenţi pentru difuzoare pe bază de ferită de bariu izotropă, cu adaos de oxid de bismut. Caracteristicile materialului ce se produce astăzi curent sînt : forţa coercitivă B_{Hc} 1 300—1 600 Oe, inducţia remanentă B_r 1 600—2 000 Gauss, energia maximă $(BH)_{max}$ 0,55—0,80. 10^6 Gauss Oe. Anual se fac cîteva sute de mii bucăţi de magneţi pentru difuzoare de 2,5 şi 0,25 W.

Continuîndu-se în ICET cercetările în direcţia îmbunătăţirii performanţelor acestor materiale, s-a elaborat în cursul anului 1958 tehnologia de fabricaţie a magneţilor anizotropi pe bază de ferită de bariu, orientată în cîmp magnetic în timpul presării. Caracteristicile materialului obţinut actualmente : forţa coercitivă B_{Hc} 2 000 Oe ; inducţia remanentă B_r 3 000 Gauss ; energia maximă $(BH)_{max}$ 2—2,5.10^6 Gauss Oe. Este în curs o producţie experimentală de magneţi anizotropi la Uzinele „Electronica", urmînd ca în cursul anilor 1960—1961 producţia de magneţi pentru difuzoare să treacă la acest tip îmbunătăţit.

Magneţii de difuzor anizotropi au o greutate de circa trei ori mai mică decît cei izotropi, la performanţe superioare ale difuzoarelor. Economia antecalculată prin trecerea producţiei de magneţi la tipul anizotrop se estimează la un milion lei anual, odată cu creşterea considerabilă a capacităţii de producţie, în u ma reducerii volumului şi greutăţii magneţilor.

Cercetările se fac în continuare, în vederea reducerii coeficientului de temperatură a acestor materiale, ceea ce va permite extinderea lor şi în alte domenii decît magneţii de difuzoare, de asemenea în vederea creşterii energiei maxime a magneţilor, pînă la 3,5—4.10^6 Gauss Oe.

Pentru utilizarea în bobinele de înaltă frecvenţă ale radioreceptoarelor, de asemenea în transformatoarele de joasă frecvenţă, pe baza studiului feritei de mangan-zinc au fost elaborate la ICET o serie de materiale — denumite Maferit — cu permeabilităţi iniţiale cuprinse între 100 şi 2 000, aplicabile în domeniile de frecvenţă cuprinse între 1,5 şi 0,05 MHz, asigurînd bobinelor cu aceste miezuri factori de calitate ce ating valori de 200—300.

Din materialul de mai sus, la Uzinele „Electronica" a fost asimilată producţia miezurilor pentru bobinele de unde medii şi lungi şi pentru transformatoarele de medie frecvenţă, utilizînd materialul Maferit 400. Prin introducerea acestor miezuri se realizează şi miniaturizarea subansamblurilor respective pe lîngă importante economii.

Din materialul Maferit 100 s-au realizat miezuri format E, pentru transformatoarele de impulsuri şi miezuri toroidale, ce se utilizează actualmente la Uzinele „Grigore Preoteasa".

Un alt sistem de ferite care a fost studiat la IFA şi la ICET este sistemul feritei de nichel-zinc, din care s-au elaborat materiale avînd permeabilităţi iniţiale cuprinse între 20 şi 600 într-un domeniu de frecvenţă cuprins între 0,5÷40 MHz, asigurînd factori de calitate cuprinşi între 50—100 pentru bobinele realizate pe aceste miezuri. Din materialul denumit Niferit 20, elaborat la ICET, s-a asimilat la Uzinele „Electronica" producţia miezurilor pentru bobinele miniaturizate de unde scurte şi pentru transformatori de medie frecvenţă a receptoarelor cu unde ultrascurte.

Pe baza acelorași materiale — Maferit 400 şi Niferit 200 — se elaborează în ICET antene magnetice pentru dotarea radioreceptoarelor. O preocupare derivată din acestea a dus la elaborarea unui material cu proprietăţi magnetostrictive, pentru generatorii industriali de ultrasunete. Materialul elaborat face parte din sistemul Fe_2O_3—NiO—CoO, avînd o permeabilitate iniţială de 180 şi un coeficient de cuplaj electromecanic $K = 0,22$.

Cercetările cu bune rezultate ce s-au făcut în aceste direcții și care asigură în momentul de față cu materiale din țară întreg necesarul de miezuri magnetice pentru radioreceptoare, vor fi continuate pentru extinderea aplicării feritelor la frecvențe din ce în ce mai înalte, în domeniul zecilor și sutelor de MHz, de asemenea pentru realizarea diferitelor miezuri necesare pentru producția în țară a televizoarelor.

Un pas revoluționar în aplicarea la noi în țară a semiconductorilor îl constituie desigur introducerea în fabricație, în 1959, la Uzinele „Electronica" a radioreceptoarelor echipate cu tranzistoare în loc de tuburi electronice. Prin tranzistorizarea receptoarelor și apoi a televizoarelor nu numai că se obține o durată de viață mult prelungită a acestor aparate, dar se rezolvă radical problema alimentării lor în localitățile rurale neelectrificate încă, problemă importantă în țara noastră.

Este bine cunoscut faptul că aparatele echipate cu tranzistoare au un consum de energie de 10—20 ori mai mic ca aparatele corespunzătoare cu tuburi, de aceea pot fi alimentate cu numai două baterii obișnuite de lanternă, timp de 3—4 luni.

Cîteva modele experimentale ale unor asemenea receptoare echipate cu tranzistoare, cu performanțe la nivelul tehnicii mondiale au fost realizate de un colectiv de cercetători din ICET și de la Uzinele „Electronica" cu folosirea unui număr însemnat de piese fabricate în țară și vor intra în fabricația de serie încă în 1960.

În anii următori, întreaga producție de radioreceptoare și după aceea și de televizoare va trece treptat, treptat la tranzistoare și diode semiconductoare, odată cu dezvoltarea producției lor pe scară largă în țară în noua fabrică de piese radio și dispozitive semiconductoare care este în curs de organizare. De asemenea, se va putea trece la realizarea în țară a unei game întregi de aparate electronice atît pentru public (magnetofoane, pick-upuri) cît și industriale, tranzistorizate.

Pentru echiparea radioreceptoarelor vor fi asimilate în fabricație întîi tranzistoare de joasă frecvență pentru etajele preamplificatoare și finale de puteri mici și mijlocii 0,3—2 W; se vor asimila apoi tranzistoare de puteri mari pînă la 25 W disipați la 25°C și ulterior chiar mai mult. Vor fi apoi introduse tranzistoare de înaltă frecvență, pentru etajele de frecvență intermediară ale radioreceptoarelor; în acest scop sînt suficiente performanțele pe care le asigură tranzistoarele obținute prin aliere. În fine, se vor fabrica tranzistoare moderne de tip *drift* (adică cu distribuție neuniformă a impurităților în bază și cu purtătorii antrenați de cîmpul ce ia naștere în aceasta), care permit realizarea de performanțe ridicate la amplificatori și convertizori pînă în domeniul undelor scurte și ultrascurte.

În paralel se va asimila producția diodelor cu contacte punctiforme cu germaniu pentru detecție și alte aplicații în radioreceptoare și televizoare.

Modele experimentale de diode și tranzistoare cu germaniu, obținute prin aliere, au fost realizate și în ICET, cu performanțe satisfăcătoare ($\alpha = 0{,}96-0{,}97$).

Pentru tranzistorizarea completă a televizoarelor va fi necesară în anii următori asimilarea producției în țară și a unor tranzistoare cu frecvențe limită de amplificare, depășind 100 MHz, cît se poate atinge cu tranzistoarele de tip *drift* obținute prin difuzie combinată cu aliere și se va studia asimilarea tranzistoarelor moderne de tip MESA, obținute prin difuzie în faza gazoasă și o construcție specială a contactelor de emiter și bază, asigurînd frecvențe limită de pînă la 700 MHz. Este de menționat că procedeul de fabricație a tranzistoarelor de tip MESA permite fabricarea pînă la o etapă înaintată a procesului de fabricație a pînă la 1 000 de tranzistoare simultan, pe aceeași plăcuță de germaniu, ceea ce reduce costul de fabricație a acestor tranzistoare pînă la costul celor cu aliere.

Dispozitivele semiconductoare nu rezolvă însă numai problema aparatelor noi. Termogeneratorii moderni pe bază de semiconductori transformă direct clădura în energie electrică cu bun randament și pot fi folosiți pentru alimentarea aparatelor de radio existente de la o lampă de petrol, scutind și pe abonații actuali din mediul rural de grija procurării bateriilor anodice și de îngrijirea acumulatorilor, precum și de cheltuielile corespunzătoare. Aliajele intermetalice pentru asemenea termogeneratori de asemenea pentru frigiderele termoelectrice se studiază actualmente la Centrul de Cercetări Metalurgice al Academiei R.P.R. Adaptarea în viitor a bateriilor de alimentare solare cu siliciu, ce se vor studia în viitor la ICET, va elimina pînă și consumul de petrol în acest scop.

Un alt domeniu larg al telecomunicațiilor, în care utilizarea semiconductorilor aduce esențiale îmbunătățiri, este acel al telefoniei. Este vorba pe de o parte de feritele cu permeabilitate mare pentru bobinele utilizate în filtrele instalațiilor de curenți purtători pentru frecvențe de zeci sau sute kHz și de tranzistoarele amplificatoare și oscilatoare, iar pe de altă parte de miezurile magnetice cu buclă de histerezis dreptunghiulară, pentru circuitele de comutare folosite în centralele telefonice automate moderne, fără contacte și în circuitele de memorie ale mașinilor electronice de calcul, împreună cu tranzistoare și diode speciale de comutare.

Astfel, în afara miezurilor de mare permeabilitate deja amintite, pentru comutare au fost elaborate la ICET miezuri dintr-un material tip Fe_2O_3 — MnO — MgO — ZnO, cu un factor de rectangularitate depășind 0,9 și o forță

coercitivă redusă, de 0,2 Oe, iar pentru circuitele de memorie dintr-o ferită tip Fe_2O_3 — MnO —MgO miezuri cu un factor de rectangularitate de 0,87 şi cu un timp de inversiune de numai 1,5 μs. Cantităţi însemnate de miezuri au fost folosite în diverse aplicaţii, atît la ICET în cadrul executării unor circuite de telecomandă pentru automatizări, cît şi în alte institute de cercetări din ţară pentru circuite de comutare şi de memorie. În momentul de faţă la Uzinele „Grigore Preoteasa" şi ICET se fac cercetări pentru aplicarea largă a acestor miezuri la realizarea în ţară a centralelor telefonice automate, fără contacte.

Dispariţia în aceste echipamente a releelor cu contacte delicate, ce se oxidează şi funcţionează cu întîrziere datorită inerţiei pieselor în mişcare şi se dereglează adesea, de asemenea eliminarea tuburilor electronice, care îmbătrînesc repede, duce la mărirea extremă a siguranţei în funcţionare, la creşterea deosebită a vitezei de lucru şi la reducerea ancombramentului instalaţiilor.

Lucrări de cercetare în aceste domenii sînt în curs, la Institutul de Cercetări al Ministerului Transporturilor şi Telecomunicaţiilor, pentru realizarea instalaţiilor de curenţi purtători.

Pentru ambele domenii mari amintite (radiocomunicaţii şi telefonie), dispozitivele cu germaniu sînt potrivite şi satisfăcătoare în peste 90—95% din cazuri, deoarece funcţionarea instalaţiilor respective se face de obicei în condiţii în care temperatura mediului ambiant depăşeşte numai foarte rareori 40—50°C.

3. Electronică industrială, telemecanică, automatică

Utilizarea semiconductorilor în instalaţiile de electronică industrială, telemecanică şi automatică, va lua şi ea un avînt mare în ţara noastră, datorită avantajelor pe care le prezintă semiconductorii ca durată crescută de serviciu şi siguranţă mărită în funcţionare, consum redus de energie şi gabarite reduse. Şi aici circuitele cu semiconductoare (ferite, tranzistoare, diode) înlocuiesc din ce în ce mai mult tuburile electronice şi releele cu contacte, permiţînd realizarea unor instalaţii complexe de comutaţie, fără contacte. Astfel utilizarea semiconductorilor permite realizarea unor instalaţii portabile de comandă la distanţă, tocmai datorită consumului redus de energie şi gabaritelor reduse. Utilizarea semiconductorilor permite realizarea unor instalaţii complexe de control centralizat al unor procese tehnologice. Astfel, controlul centralizat în sisteme energetice sau în rafinării permite să se obţină o funcţionare mult mai sigură şi mai economică a acestor sisteme. O largă utilizare o găsim în maşinile de calcul şi în aparatele electronice de măsurare cu prezentare digitală (cifrică) a rezultatului.

Pe această linie vom cita numai spre exemplificare elaborarea în ICET a unei instalaţii pentru radiotelecomanda podurilor rulante în siderurgie şi a unui regulator automat pentru procese industriale.

Instalaţia de radio telecomandă, elaborată de ICET, este o instalaţie construită pe bază de semiconductori (ferite cu BDH, tranzistoare, diode cu germaniu şi seleniu), funcţionează pe principiul codului de impulsuri şi poate fi utilizată pentru poduri rulante, macarale de construcţii şi eventual adaptată la utilaj agricol (tractoare).

Instalaţia asigură o legătură prin radio între operator şi obiectul comandat pe o distanţă de cel puţin 100 m. Instalaţia poate transmite comenzile şi prin două fire fizice, la distanţe pînă la 100 km şi prin curenţi purtători la orice distanţă.

Instalaţia face parte din clasa sistemelor rapide de telecomandă, timpul de transmisie al unui cod fiind de 0,002 s. Execuţia comenzii este determinată numai de timpul de acţionare a releului final de tip electromagnetic sau a amplificatorului magnetic de execuţie.

Instalaţia este concepută de principiul distributiv cu grupare, cu variaţia duratei pauzei ca element selectiv.

S-a utilizat principiul de sincronizare pas cu pas. Se efectuează protecţia numărului total de impulsuri, a numărului de elemente selective din cod şi a dispariţiei frecvenţei purtătoare. Aceasta înseamnă că instalaţia este protejată împotriva oricăror perturbaţii de o unitate. Utilizarea în decodificare a sistemului de tip matrice măreşte suplimentar protecţia sistemului, acesta fiind protejat şi la anumite perturbaţii multiple. Utilizarea unei scheme combinate cu tranzistoare şi relee electromagnetice în blocul de execuţie permite recepţionarea şi execuţia corectă a : 23 comenzi duble, 3 comenzi simple şi o rezervă de 3 comenzi simple, adică un total de 52 comenzi simple.

Emiţătorul instalaţiei funcţionează la frecvenţa de 40 MHz. Instalaţia este portabilă şi constă la emisie dintr-un bloc de alimentare cu emiţătorul radio şi antenă, construcţia fiind de tip rucksack. Comanda se face prin butoane cu revenire, montate pe un mic pupitru portabil de dimensiuni 240 × 100 × 100 mm. La recepţie blocurile sînt montate pe podul rulant.

Alimentarea la emisie se face de la un acumulator, la recepţie de la reţea.

Regulatorul automat construit la ICET este destinat în special reglării proceselor termice. Măsurarea temperaturii se face cu o termorezistenţă, mărimea de eroare rezultînd ca o tensiune de dezechilibru a unei punţi Wheatstone. La ieşire, blocul de comandă acţionează un motor bifazic, care printr-un mecanism reglează debitul de combustibil al unui injector.

Regulatorul poate intra în funcţiune la o variaţie a temperaturii de numai cîteva zecimi de grad faţă de cîteva sute de grade.

Blocul de comandă cuprinde trei etaje de amplificare în curent alternativ şi un etaj detector sensibil la fază, construite cu tranzistoare şi un etaj de putere construit cu amplificator magnetic în doi timpi cu caracteristică de funcţionare tip releu.

Regulatorul este prevăzut cu o reacţie de stabilizare de tip integral.

În 1960 şi 1961 la ICET se studiază realizarea unui complex de blocuri electronice unificate, pentru reglajul proceselor industriale, cu utilizarea largă a semiconductorilor, complex care urmează să fie după aceea fabricat în serie în ţară.

Pentru utilizări în electronica industrială şi automatică, sînt mai recomandabile tranzistoarele şi diodele cu siliciu decît cele cu germaniu, deoarece asigură o mai bună stabilitate termică la temperaturi ridicate ale mediului ambiant.

În acest sens au fost realizate la ICET primele modele experimentale şi este în curs de elaborare tehnologia pentru fabricarea tranzistoarelor cu siliciu.

Totodată se studiază realizarea diodelor cu siliciu de tip Zener — elemente folosite pentru stabilizarea tensiunii în aparatele electronice tranzistorizate.

Pe lîngă aplicaţiile amintite ca exemple, tranzistoarele şi redresoarele cu siliciu au mari perspective în ţară pentru etajele amplificatoare de putere mică, modulatoare şi demodulatoare pentru comanda amplificatoarelor magnetice şi maşinilor amplificatoare rotative şi în circuitele de comandă după program utilizate azi larg în instalaţiile de acţionare electrică şi de automatizare. Şi în această direcţie s-au făcut în ţară o serie de lucrări de valoare la ICET şi în alte părţi.

De mare importanţă pentru automatizări este şi realizarea fotoelementelor semiconductoare şi termistoarelor, al căror studiu a început în cadrul Institutului de Fizică al Academiei R.P.R.

Menţionăm de asemenea că la Institutul de Fizică Atomică s-au elaborat o serie de aparate electronice complexe, necesare cercetărilor nucleare, cu folosirea largă a dispozitivelor semiconductoare.

Desigur, în acest articol nu am putut trece în revistă decît sumar şi parţial realizările obţinute pînă acum şi perspectivele de viitor ale semiconductorilor în ţara noastră.

Dar, fie şi această numai sumară trecere în revistă a arătat cît de reale şi actuale sînt perspectivele lucrărilor care se fac în aceste direcţii, şi cît de necesară este adîncirea şi extinderea cercetărilor începute pentru menţinerea ţării noastre la un nivel de frunte în tehnica mondială.

Un mare sprijin în această direcţie îl constituie colaborarea cu celelalte ţări prietene ale lagărului socialist şi în primul rînd cu U.R.S.S., în cadrul CAER, prin coordonarea planurilor de cercetări şi schimbul reciproc de informaţii tehnice, la care luăm şi noi parte în domeniile de cercetare aplicată amintite mai sus.

Totodată considerăm că trebuie făcute toate eforturile pentru aplicarea cît mai rapidă în producţie a rezultatelor obţinute în cercetările de pînă acum, avînd în vedere efectul lor economic important şi progresul tehnic deosebit de rapid în această direcţie.

BIBLIOGRAFIE

[1] TĂNĂSESCU, T.: *Semiconductoarele în tehnică.* Automatica şi electronica, *4* (1960) nr. 3, p. 97—108.

IOAN ENDEŞ*

Dispozitive numerice pentru realizarea elementelor neliniare din calculatoarele analogice

CZ 681.142 — 523.8 : 621.372.44

În zilele noastre, maşinile electronice de calcul ocupă un loc tot mai important în tehnică. Ele se perfecţionează şi intră în noi domenii, unde pînă acum electronica era inexistentă. De la astronautică şi pînă la medicină se pot înşira nenumărate domenii, unde în ultimii ani maşinile electronice de calcul au pătruns cu succes.

După cum se cunoaşte, calculatoarele electronice se împart în două familii importante: calculatoare analoge şi calculatoare cifrice. Problema se pune, care din aceste două tipuri de calculatoare are utilitate mai mare, care prezintă interes pentru viitor. Răspunsul la această întrebare vine desigur din condiţiile de utilizare, din avantajele şi dezavantajele pe care le prezintă fiecare din aceste tipuri.

Calculatorul analog, după cum se cunoaşte, prezintă unele avantaje foarte importante prin care se remarcă timpul scurt în care se poate pregăti rezolvarea unei ecuaţii, deci programare simplă, care nu cere nici lucru matematic anterior complicat şi nici personal mult. Totodată, calculatorul analog rezolvă ecuaţia dată în timp foarte scurt şi acest avantaj este şi mai important. Sînt multe situaţii în tehnică, unde unele mărimi care intră într-o ecuaţie în timp variază neregulat. În această situaţie, calculatorul analog dă rezultatul modificat în regim continuu în acelaşi timp în care se modifică valoarea la intrare. Deci de la calculatorul analog

* Cpt. ing. I. ENDEŞ este lector în cadrul Academiei Militare Generale.

putem obține soluții aproape instantanee. În cele din urmă simplitatea calculatorului analog este iarăși un criteriu, care introduce un avantaj în plus.

Desigur că pe lîngă aceste avantaje există și dezavantaje. Cel mai important dezavantaj al calculatorului analog este însă mica precizie de lucru. Precizia scade cu gradul ecuației și cu numărul operațiilor ce se execută pentru simulare. Din acest motiv, astăzi în multe domenii se tinde să se înlocuiască calculatorul analog cu calculatorul cifric.

Calculatorul cifric spre deosebire de calculatorul analog asigură o precizie foarte mare, cu atît mai mare cu cît dimensiunile calculatorului sînt mai mari. Teoretic, precizia este nelimitată, practic este suficientă pentru cele mai mari pretenții. Acest lucru justifică tocmai larga utilizare a calculatoarelor cifrice.

Totuși dezavantajele calculatoarelor cifrice sînt și ele importante. Programarea complicată cere atît instalație, cît și personal de înaltă calificare și timp pentru pregătirea rezolvării unei probleme. Totodată, chiar după ce a fost efectuată programarea, rezolvarea durează timp destul de lung, dacă facem comparație cu timpul necesar rezolvării unei probleme cu calculator analog. Bineînțeles nu se poate face o comparație directă din acest punct de vedere, deoarece rezolvarea se face cu totul diferit în cele două tipuri de mașini. Analizînd însă diferite probleme în tehnică, se ajunge la concluzia că datorită dezavantajelor calculatoarelor cifrice sînt multe situații cînd se preferă calculatorul analog, chiar dacă asigură o precizie mai mică. Desigur că dacă ar exista posibilitatea măririi preciziei calculatoarelor analoge, posibilitatea de utilizare ar fi de asemenea mai mare. Din acest motiv azi se tinde, prin diferite mijloace, la mărirea preciziei calculatoarelor analoge. O analiză simplă făcută asupra calculatoarelor analoge arată că erorile cu care se rezolvă o problemă cresc cu numărul de blocuri utilizate. După cum se știe, la baza calculatorului analog stă amplificatorul operațional, cu care se realizează integrarea, însumarea, inversarea de semn etc. Afară de amplificatorul operațional, se utilizează o serie de elemente neliniare, care intră în rezolvarea diferitelor probleme, de la caz la caz. Analizînd sursele de erori, rezultă că pentru ecuații unde intră mai multe blocuri de elemente neliniare, erorile în majoritatea cazurilor provin tocmai din blocurile neliniare care după cum se știe sînt constituite cu ajutorul diodelor, prin liniarizarea diferitelor curbe prin segmente drepte. Cei mai utilizați transformatori funcționali sînt : pătratul, radicalul indice doi, cubul, radicalul indice trei, înmulțirea, împărțirea, sinusul și cosinusul.

Erorile practice de la aceste blocuri variază între 0,7 și 2 %. Din aceste blocuri, cele mai mari erori rezultă din etajele care realizează înmulțirea și împărțirea. Din acest motiv, în literatura de specialitate se dau diferite procedee de realizare a înmulțirii și împărțirii în calculatoarele analoge. Din schemele tratate în literatură, cu cele mai mici erori lucrează schemele în impulsuri, care și ele, în mod practic, depășesc 1 %, chiar dacă sînt lucrate îngrijit. Este ușor de văzut că nici cele mai bune scheme nu pot micșora erorile după necesitatea cu care trebuie rezolvate anumite probleme. De aici însă credem că ar fi greșit să tragem concluzia că calculatoarele analogice trebuie abandonate și înlocuite cu cele cifrice.

În ultimul timp, în industrie se utilizează sisteme automate unde, în loc de comandă continuă, se folosește comanda în impulsuri, lucru care mărește precizia circuitului automat. Mașina desigur lucrează incontinuu, cu comandă continuă și numai elementele intermediare folosesc impulsuri. Bazați pe această observație s-ar putea realiza o legătură între calculatoarele analoge și cele cifrice, ținînd cont de avantajele celor două tipuri de mașini. Una din soluțiile posibile ar fi păstrarea sistemului de lucru al mașinilor analoge, care nu cer programare complicată și lucrează repede, avînd la bază tot amplificatorul operațional, care lucrează cu erori nu prea mari (0,2 % în medie), urmînd ca transformatorii funcționali în bună parte să fie înlocuiți cu sisteme care să lucreze la fel cu calculatoarele cifrice. Operațiile : pătrat, cub, radical indice doi și trei, înmulțirea și împărțirea s-ar putea realiza cu dispozitive cifrice, după ce mărimile cu variație lentă s-au transformat în impulsuri. Alte elemente ca sinus și cosinus desigur n-ar fi rentabile să se realizeze în felul acesta, pentru că ar lua prea mult timp și s-ar putea utiliza numai la procese foarte lente.

Realizarea unor transformatori funcționali cu erori minime trebuie desigur să aibă la bază însumarea impulsurilor. În felul acesta erorile se pot elimina din efectuarea operației respective și rămîn numai erorile care apar la transformarea mărimilor din regim continuu în valori discrete și invers. Dacă se analizează condițiile în care se pot construi astfel de transformatori funcționali, rezultă că pentru a avea erori mici, mărimea continuă trebuie transformată în număr mare de impulsuri, ceeace duce la înregistrarea unui șir prea mare de cifre, deci la timp relativ lung. Deci în acest caz erorile sînt invers proporționale cu timpul în care se efectuează operația.

După cum s-a arătat, una din operații care duce la cele mai mari erori în mașini analoge este înmulțirea. Să analizăm în ce condiții se poate realiza înmulțirea într-un calculator analog pe cale cifrică. Dacă înmulțirea se realizează pe cale obișnuită, eroarea este de circa 2 %. În cazul nostru se presupune că mărimea continuă X se transformă în impulsuri cu o precizie de 1 %. Cealaltă mărime Y de asemenea va avea

aceeaşi precizie. După ce s-a efectuat înmulţirea, mărimea rezultată Z ($XY = Z$) trebuie transformată şi ea în valoare continuă. Deoarece Z conţine un număr mult mai mare de cifre decît X sau Y, transformarea lui Z în mărimea continuă se poate face cu eroare mult mai mică. Dacă apreciem această valoare de 0,1 % înseamnă că înmulţirea s-a realizat cu eroare totală de 2,1 %, eroare destul de mare fiind de ordinul erorilor obţinute cu mijloace obişnuite. Dacă analizăm în cît timp se efectuează această înmulţire pe cale cifrică se obţin următoarele rezultate.

Insumarea cifrelor se face cu ajutorul sumatorilor care lucrează cu scheme basculante. Dacă se ia de bază schemele basculante fără precauţii speciale se poate presupune că o schemă acţionează cu siguranţă deplină dacă timpul ce trece între două impulsuri este mai mare de 5 μs, deci frecvenţa maximă a succesiunii poate fi :

$$f = \frac{1}{5 \cdot 10^{-6}} = 0{,}2.10^6 \text{ Hz}$$

Dacă X şi Y, avînd fiecare valoarea maximă, sînt formate din cîte 100 de impulsuri fiecare, valoarea maximă a lui Z va fi de 10 000, deoarece $XY = Z$ şi înregistrarea a 10 000 de impulsuri durează : 5 μs · 10 000 = 0,05 s. Este un timp suficient de scurt, pentru a putea fi utilizat sistemul. Totuşi, din punct de vedere al erorilor nu este acceptabil.

Să analizăm alt caz pentru înmulţire, pentru a obţine erori mai mici. Se presupune că mărimea continuă de data asta se transformă în cifre cu eroarea de 0,1 %, adică mărimea avînd valoarea maximă se transformă în 1 000 de impulsuri. Astfel, înmulţirea a două mărimi se poate realiza cu erori de ordinul 0,2 %.

Aceasta reprezintă în cadrul maşinilor analoge un rezultat foarte bun ce priveşte eroarea. Analizînd timpul cît durează operaţia se obţine :

$$XY = Z = 10^6 \text{ impulsuri} \quad 5\mu s \cdot 10^6 = 5 \text{ s.}$$

Se obţine un timp prea lung, inacceptabil pentru cazurile în care se preferă calculatorul analog. Astfel ajungem la concluzia că printr-un compromis se poate utiliza situaţia intermediară, unde timpul este suficient de scurt şi erorile sînt acceptabile, adică mai mici celor obţinute prin mijloace obişnuite.

Dacă mărimea continuă se transformă în cifre, de exemplu cu precizia de 0,33 %, se poate obţine înmulţirea cu o precizie de 0,7 + 0,8 %, adică cu erori mult mai mici erorilor obţinute pe cale obişnuită. Analizînd durata, rezultă : 300 × 300 = 90 000 de impulsuri, a căror durată de înregistrare este mai mică de 0,5 s, deci sistemul se poate utiliza în multe situaţii, de exemplu :

1. *Cînd se cere să se telecomande un avion în funcţie de poziţia unui alt avion cu care trebuie să se întîlnească.*

În acest caz nu este timp să se prelucreze datele cu un calculator cifric şi apoi să se transmită comanda necesară avionului, datorită vitezelor mari cu care zboară azi avioanele. Totuşi, în funcţie de direcţia de zbor a avionului, avionul propriu trebuie dirijat în mod continuu către locul optim de întîlnire şi acest lucru se poate realiza în bune condiţii cu un calculator analog. Deoarece într-o ecuaţie balistică intervine totdeauna înmulţirea, un element de înmulţire realizat prin metoda arătată mai sus ar mări considerabil precizia interceptării. De asemenea, timpul în care se efectuează înmulţirea după ultimul exemplu este suficient de scurt pentru a transmite periodic datele avionului interceptator.

2. Sistemul s-ar mai putea întrebuinţa *în cazul teleghidării unor mobile de mare viteză, cum sînt rachetele, unde precizia şi rapiditatea sînt elemente de bază.*

În acest caz se poate fixa traiectoria anticipat, calculînd exact drumul de urmat cu un calculator cifric. Apoi, după lansare se poate urmări racheta şi comanda corecţiile după calculatorul analog, făcîndu-se comparaţii la anumite intervale de timp, între traiectoria calculată şi cea reală. Deoarece unele părţi ale calculatorului analog în felul acesta lucrează cifric, compararea celor două traiectorii se poate face cu uşurinţă.

3. Sistemul se poate utiliza şi *pentru modelare, pentru anumite ecuaţii*, de exemplu :

$$A = \frac{dy}{dt} + B\sqrt{(xy)} + \frac{y^2}{x} = f(t)$$

Modelarea se poate executa într-un calculator analog, după schema din fig. 1.

Dacă rezolvarea acestei ecuaţii se face cu calculator analog, avînd transformatori funcţionali obişnuiţi, erorile se pot aprecia în felul următor :

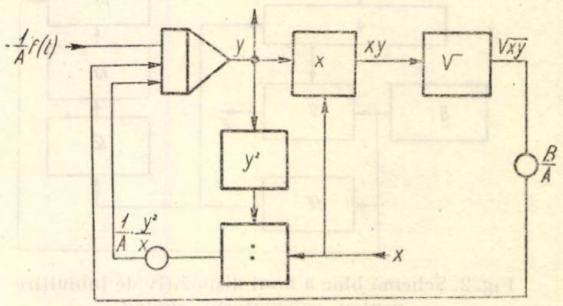


Fig. 1. Schemă de modelare într-un calculator analog.

— Amplificatorul operaţional lucrînd ca integrator, introduce o eroare aproximativ de 0,2 % ($\varepsilon_1 = 0{,}2\,\%$).

— Elementul de înmulţire introduce o eroare de 2 % ($\varepsilon_2 = 2\,\%$).

— Elementul radical introduce 1% ($\varepsilon_3 = 1\%$).
— Elementul pătrat introduce 1% ($\varepsilon_4 = 1\%$).
— Elementul împărţirii introduce 2% ($\varepsilon_5 = 2\%$).
De unde rezultă eroarea totală cu care se rezolvă ecuaţia

$$\Sigma\varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + \varepsilon_4 + \varepsilon_5 = 0{,}2+2+1+1+2 = 6{,}2\%.$$

Dacă pentru aceleaşi ecuaţii în calculator analog se utilizează transformatorii funcţionali care să lucreze pe cale discretă, erorile se micşorează, deoarece erori apar la transformarea mărimilor continue în mărimi discrete şi invers, respectiv rămîne eroarea amplificatorului operaţional. Dacă transformarea unei mărimi din continuă în valoare discretă se face cu precizia de 0,33%, avînd două mărimi variabile, total fac 0,66% şi dacă considerăm că invers se transformă din impulsuri în tensiune continuă tot cu aceeaşi precizie, eroarea totală va fi de 1,32%, la care se adaugă eroarea introdusă de amplificatorul operaţional încă 0,2%; total se obţine deci: $\Sigma\varepsilon' = 1{,}52\%$, adică eroarea obţinută în acest caz este de peste patru ori mai mică.

Schema bloc a unui dispozitiv de înmulţire pentru calculator analog, care să funcţioneze pe cale discretă, se arată în fig. 2.

Să presupunem că avem de executat operaţia $XY = Z$, unde X şi Y sînt mărimi care au o variaţie foarte lentă. Acest lucru ne permite să transformăm pe X şi Y în impulsuri, în aşa fel încît orice valoare a lui X şi Y să fie reprezentată printr-un număr de impulsuri. Deci vom

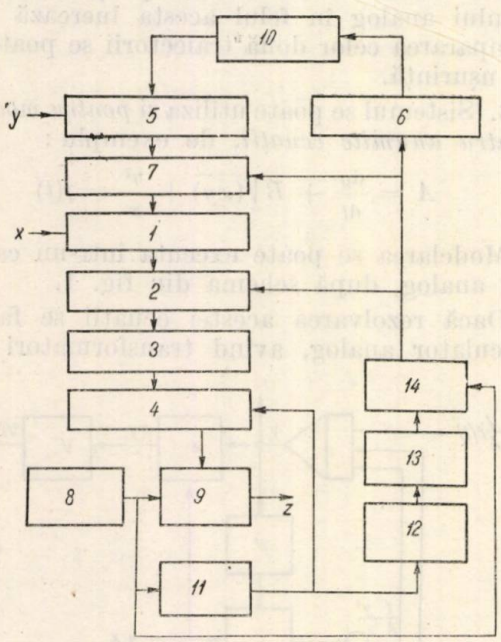


Fig. 2. Schemă bloc a unui dispozitiv de înmulţire pentru calculatorul analog.

introduce cele două mărimi în blocul de înmulţire şi vom căpăta la ieşire valoarea lui Z. După ce s-a efectuat operaţia, procesul se repetă din nou. Ţinînd seamă de cele analizate mai înainte putem lucra cu o eroare acceptabilă, adică admitem repetarea operaţiei cu o viteză de două operaţii pe secundă, deci o înmulţire va dura 0,5 s.

Mărimile X şi Y se introduc în blocurile 1 şi 5. Bineînţeles, înainte se face transformarea din mărimi continue în mărimi discrete, adică în impulsuri. Deci fiecare mărime este caracterizată printr-un număr de impulsuri şi urmează să se efectueze înmulţirea matematic. Pentru a simplifica aparatura, înmulţirea se va face pe baza doi, adică cifrele se înregistrează pe baza doi. De exemplu, $8 \times 5 = 40$ pe baza doi se realizează astfel:

$$\begin{array}{r} 1\,000 \times 101 \\ \hline 1\,00\,0 \\ \quad 00\,00 \\ \quad\;\; 1\,000 \\ \hline 101\,000 \end{array}$$

În cazul nostru $X = 8$; $Y = 5$ şi $Z = 40$.

În baza doi 8 se scrie 1 000; 5 se scrie 101 şi 40 se scrie 101 000.

Înregistrarea lui X în baza doi se face în blocul nr. 1. Blocul nr. 1 este un sumator pe baza doi sau în cazul nostru un element de memorie, unde se fixează temporar cifra X. După cum arată exemplul de mai înainte, pentru efectuarea înmulţirii cifra X se scrie dedesubt de atîtea ori cîte cifre 1 se găsesc în Y, şi în mod corespunzător se mută la dreapta cifra care se scrie. Aparatura trebuie să lucreze în mod asemănător.

Pentru mutarea poziţiei cifrelor care se însumează se utilizează blocul 2 care este un dispozitiv de deplasare.

Blocul 3 este sumatorul unde se obţine rezultatul, adică valoarea lui Z. După cum reiese din exemplul dat, cifra X trebuie introdusă în sumatorul 3 de atîtea ori cîte cifre formează valoarea Y pe bază doi şi de fiecare dată se mută cifra X la dreapta cu o celulă.

Sumatorul 1 face parte totodată dintr-o schemă logică, fiecare celulă a sumatorului reprezentînd o schemă „şi".

Astfel, dacă celula conţine cifra „1" lasă să treacă impuls, dacă conţine „0" nu lasă să treacă semnal.

Să presupunem că din blocul 7 soseşte un impuls care se dirijează către toate celulele sumatorului 1. Impulsul va trece numai prin celulele care conţin cifra 1. Prin blocul 2, adică prin dispozitivul de deplasare, celulele sumatorului 1 sînt în legătură cu celulele sumatorului 3.

Pentru primul impuls sosit, dispozitivul de deplasare 2 nu acţionează şi în sumatorul 3 intră cifra X la fel ca în sumatorul 1. Pentru al doilea impuls sosit din blocul 7 se repetă operaţia numai că între timp dispozitivul de deplasare mută legătura celulelor sumatorului 1 cu o celulă la dreapta în sumatorul 2. După exemplul dat mai înainte, în cazul acesta în sumatorul 3 trebuie să intre valoarea 0000,

adică zero, lucru care se asigură de către blocul 7. Pentru al treilea impuls sosit din blocul 7 din nou se înregistrează cifra X în sumatorul 3, după ce dispozitivul de deplasare a făcut din nou o deplasare către dreapta. Dacă Y are mai multe cifre, problema se repetă de mai multe ori, pînă la posibilităţile maşinii. Din blocul 7 trebuie să sosească succesiv atîtea impulsuri cîte cifre binare pot alcătui valoarea lui Y.

Să analizăm cum este acţionat dispozitivul de deplasare şi cum lucrează blocul 7, care permite trecerea impulsurilor numai în anumite situaţii.

Se presupune că X şi Y sînt formate din impulsuri care se succed cu o frecvenţă de 200 kHz. După ce s-au înregistrat maximum 300 impulsuri care formează valoarea maximă a lui X şi Y trebuie să pornească dispozitivul de înmulţire. Însumarea succesivă a lui X în sumatorul 3 se poate face tot cu viteza de 200 kHz, deci foarte rapid. După înregistrare, un dispozitiv canalizează impulsurile sosite de la generatorul de impulsuri la blocul 6, care comandă introducerea valorii X în sumatorul 3 de cîte ori este nevoie. Blocul 6 în esenţă este tot un sumator, dar diferit de celelalte. S-ar putea asimila mai mult ca un numărător pe baza 10 care are sarcina ca la fiecare impuls intrat să mute către dreapta indicaţia. Cu alte cuvinte, cînd intră un impuls în blocul 6, celula nr. 1 marchează prezenţa impulsului. Cînd intră un al doilea impuls, prezenţa este marcată în celula doi, la al treilea impuls în celula trei şi aşa mai departe. Blocul 6 are atîtea celule cu cîte cifre binare se pot înregistra valoarea X şi Y.

Blocul 5 este un sumator identic cu blocul 1. În blocul 5 se introduce cifra Y în mod asemănător cu X în blocul 1. Fiecare celulă din blocul 6 este în legătură cu o celulă corespunzătoare din blocul 5. Blocurile 5 şi 6 formează împreună o schemă dublă „şi" şi acţionează asupra blocului 7, care este tot o schemă „şi". Principiul de lucru este următorul: în schema de coincidenţă 7 sînt introduse impulsurile generatorului (blocul 8) de impulsuri. Pe de altă parte, blocul 7 este în legătură cu blocul 5 şi prin acesta cu blocul 6. Să presupunem că intră un impuls în blocul 6. Celula nr. 1 din blocul 6 indică prezenţa. Dacă prin cifra Y şi celula nr. 1 din blocul 5 indică prezenţa unui impuls, blocul 7 permite trecerea unui impuls către toate celulele blocului 1. Dacă celula nr. 1 din blocul 5 conţine cifra 0, blocul 7 nu permite trecerea impulsului. La impulsul al doilea sosit în blocul 6 se repetă situaţia cu celula nr. 2 a blocului 5 ş.a.m.d. Blocul 6 primeşte succesiv atîtea impulsuri cîte celule are.

Să analizăm acum mişcarea coordonată. Deci în primul rînd se înregistrează valoarea X şi Y în blocurile 1 şi 5. După aceasta blocul 6 primeşte un impuls şi după poziţia blocului 5 (prima celulă) lasă sau nu să treacă impuls în blocul 7 către 1, deci prin 1 şi 2 la blocul 3. Urmează al doilea impuls în blocul 6, care repetă problema cu celula nr. 2 din blocul 5, dar acelaşi impuls de comandă acţionează şi dispozitivul de deplasare care execută mutarea, după cele arătate mai înainte. Pentru ca să nu coincidă deplasarea în blocul 2 cu trecerea impulsurilor în blocul 7 între blocurile 5 şi 6 se introduce un etaj de întîrziere 10. În felul acesta rezultatul se poate citi în blocul 3 într-un timp foarte scurt. Lungimea timpului de efectuare a înmulţirii rezultă din faptul că rezultatul final trebuie obţinut tot sub formă de impulsuri, a căror frecvenţă de repetiţie trebuie să nu depăşească 200 kHz, ţinînd cont de considerentele arătate mai înainte. Astfel, $300 \times \times 300 = 90\,000$ impulsuri poate fi rezultatul maxim. Deci, pînă la repetarea operaţiei trebuie să asigurăm posibilitatea înregistrării a 90 000 de impulsuri cu frecvenţa de repetiţie de 200 kHz. De aici rezultă în fond viteza de lucru, adică circa două operaţii pe secundă.

Transformarea rezultatului din indicaţii în impulsuri realizează blocurile 4 şi 9. Blocul 4 este format dintr-un lanţ de multivibratoare monostabile (fig. 3) şi are un număr de celule egal cu numărul de celule al sumatorului 3, adică circa dublu cît are sumatorul 1 şi 5.

Celulele corespunzătoare de la blocul 3 şi 4 sînt în legătură. Se permite declanşarea numai a acelui multivibrator care este în legătură cu o celulă care conţine cifra 1 din blocul 3. Comanda declanşării se face la intervale de 0,5 s, cînd primul multivibrator este declanşat de impulsul de comandă care, după terminarea impulsului la care a fost reglat, declanşează multivibratorul următor. Multivibratorul care

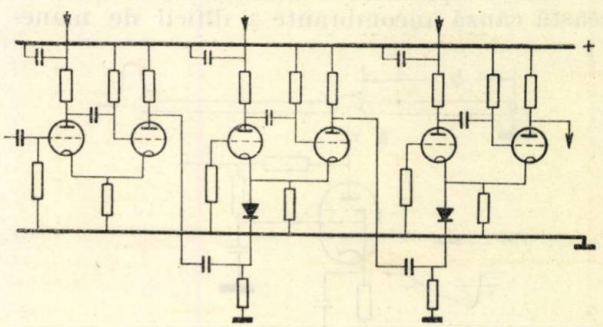


Fig. 3. Lanţ de multivibratoare monostabile.

este în legătură cu o celulă care conţine cifra 0 se declanşează pe un interval de timp neglijabil, după ce pune în funcţiune etajul următor.

Fiecare multivibrator monostabil dă o durată de impuls echivalent cu timpul în care generatorul de impulsuri generează atîtea impulsuri cîte reprezintă valoarea puterii lui 2 în celula respectivă. Astfel, la ieşirea din blocul 4 obţinem o durată totală de impuls, cît trebuie ca generatorul să furnizeze cifra ce o reprezintă rezultatul.

Astfel, ieşirea blocului 4 şi ieşirea generatorului de impulsuri se leagă la o schemă „şi", de unde se obţine valoarea Z, adică rezultatul final.

Blocul 11 din schemă serveşte pentru a crea impulsurile de declanşare a blocului 4 pentru demultiplicare. Blocul 12 este un circuit de întîrziere. Blocul 13 multivibrator monostabil şi 14 etaj de coincidenţă. Blocurile 12, 13 şi 14 realizează impulsurile de comandă pentru blocurile 2 şi 6 pentru fiecare ciclu în parte.

După cum arată schema bloc, instalaţia este suficient de complicată şi deci trebuie analizat în mod corespunzător locul unde s-ar putea aplica după criteriile arătate mai înainte. Un calcul aproximativ arată să pentru schema din fig. 2, cu caracteristicile menţionate, sînt necesare circa 60—80 tuburi electronice duble. Rentabilitatea dispozitivului se poate aprecia desigur după cerinţe, numai comparînd cu alte mijloace.

Trebuie menţionat că schema arătată este una din posibilităţile existente şi există posibilităţi de a construi şi scheme mai simple cu rezultate suficient de bune.

BIBLIOGRAFIE

[1] GITIS : *Electroradioavtomatica*. Gosenergoizdat, Moscova, 1959.
[2] ITHOKI : *Proectirovanie elementov impulsnîh ustroistv*. A.A.I.A. Jukovskovo, 1951.
[3] MAIOROV : *Electronie vicislitelnie maşini*. Gosenergoizdat, Moscova, 1949.

FLORIN ŢINTĂ *

Linii elicoidale de întîrziere şi formare în domeniul nanosecundelor

CZ 621.374.5

În multe probleme ale tehnicii nanoscundelor apare necesitatea de a realiza întîrzieri de ordinul sutelor de nanosecunde a unor impulsuri de scurtă durată, cu fronturi de creştere de 2 — 4 ns, sau de a forma impulsuri lungi, conservînd un front de creştere scurt.

În mod obişnuit aceste probleme se rezolvă cu ajutorul unor secţiuni de cablu coaxial de radiofrecvenţă, a căror impedanţă este în mod normal cuprinsă între 50—150 Ω, iar întîrzierea specifică nu depăşeşte în mod obişnuit 5 ns/m [1, 2, 3].

După cum se vede, aceasta impune de multe ori folosirea unor lungimi mari de cablu coaxial, care fac ca aparatele construite să devină din această cauză ancombrante şi dificil de manevrat. Pe de altă parte, în cazul formării impulsurilor, impedanţa caracteristică scăzută a cablurilor coaxiale face ca amplitudinea impulsurilor formate să fie destul de mică, ceea ce necesită de multe ori intercalarea de amplificatori de bandă foarte largă (eventual amplificatori distribuiţi) după etajele de formare, pentru a acţiona schemele de coincidenţă.

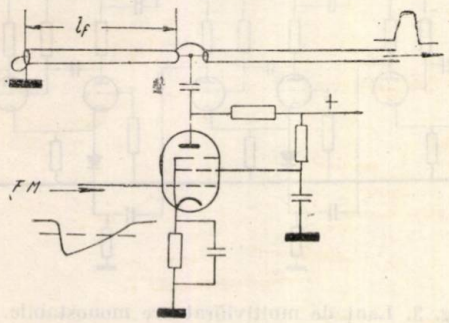


Fig. 1.

De exemplu, în cazul unui etaj limitator — formator ce utilizează o pentodă cu un curent anodic de 20 mA[1] şi un cablu de formare coaxial cu 150 Ω impedanţă caracteristică (fig. 1), amplitudinea ce se obţine la blocarea tubului prin aplicarea unui impuls negativ pe grilă este :

$$V = \frac{150}{2} \times 20 \cdot 10^{-3} = 1{,}5 \text{ V} \qquad (1)$$

ceea ce este insuficient pentru a acţiona în mod normal un tub electronic de coincidenţă, cum este 6 BN 6. Există posibilitatea de a realiza în acelaşi timp întîrzieri specifice şi impedanţe caracteristice mai mari cu ajutorul liniilor elicoidale [4, 5]. Aceste linii se prezintă sub forma unei elici continue. Se obţine în acest fel o sporire însemnată a inductanţei pe unitatea de lungime. În fig. 2 este reprezentat un astfel de sistem, în care conductorul C_2 este o elice aşezată între doi conductori cilindrici concentrici C_1 şi C_3, interior şi exterior. Valoarea inductanţei pe unitatea de lungime este dată de formula :

$$L_0\,[\mu\text{H/cm}] = 39{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot \mu_r \cdot n^2 \frac{(a_3^2 - a_2^2)(a_2^2 - a_1^2)}{a_3^2 - a_1^2} + 4{,}61 \cdot 10^{-3} \cdot \mu_r \frac{\log \frac{a_2}{a_1} \cdot \log \frac{a_3}{a_2}}{\log \frac{a_3}{a_1}}; \qquad (2)$$

* Ing. F. ŢINTĂ este şef de laborator la Institutul de Fizică Atomică al Academiei R.P.R.

[1] Dispozitive de acest fel sînt foarte frecvent folosite în domeniul nanosecundelor. Se întrebuinţează tuburi cu pantă mare şi capacităţi reduse între electrozi, cum ar fi 6 AK 5, E 180 F, EFP 60, dar care nu dau un curent anodic prea mare.

a_1, a_2, a_3 se exprimă în cm, n în spire/cm, iar μ_r este permeabilitatea magnetică relativă a materialului aflat între C_1 şi C_3.

Capacitatea pe unitatea de lungime se poate calcula cu ajutorul formulei condensatorilor cilindrici, care în cazul de faţă devine :

$$C\ [\mathrm{pF/cm}] = 0{,}241 \cdot \varepsilon_r \frac{\log \frac{a_2}{a_1}}{\log \frac{a_2}{a_1} \cdot \log \frac{a_3}{a_2}} . \quad (3)$$

Liniile elicoidale pot fi construite numai cu unul din conductorii C_1 sau C_3; în acest caz formulele se modifică corespunzător, $a_1 = 0$, respectiv $a_3 = \infty$.

Impedanţa caracteristică şi întîrzierea pe unitatea de lungime sînt date de bine cunoscutele relaţii :

$$Z = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (4)$$

$$T = \sqrt{L \cdot C} . \quad (5)$$

Pentru ca o astfel de linie sau cablu să poată fi utilizat cu succes în domeniul nanosecundelor, este necesar ca atît atenuarea cît şi în special distorsiunea de fază [6, 7] pe care o introduce variaţia inductanţei cu frecvenţa, pe lungimea (respectiv durata de întîrziere) considerată să nu altereze forma impulsului electric [8].

Variaţia inductanţei cu frecvenţa este descrisă de relaţia :

$$\frac{L}{L_0} = 2\ I_1(\alpha) \cdot K_1(\alpha) . \quad (6)$$

unde L_0 este inductanţa în regiunea frecvenţelor joase, I_1 şi K_1 funcţiile Bessel modificate de specia întîia, respectiv a doua, iar $\alpha = 2\pi\, a_2/\lambda$, λ fiind lungimea de undă pe elice, măsurată în lungul axei.

Distorsiunea de fază devine supărătoare în momentul în care diferenţa de fază pe întreaga linie, faţă de caracteristica liniară ideală, devine 0,5 radiani pentru frecvenţa cea mai înaltă implicată în transmisie. În acest fel :

$$\omega_{max}\, l\, (T - T_0) = \pm\, 0{,}5 \ ; \quad (7)$$

aici $T = \sqrt{L \cdot C}$, astfel că :

$$\omega_{max}\, l\, T_0 \left(\sqrt{\frac{L}{L_0}} - 1 \right) = \pm\, 0{,}5 . \quad (8)$$

În cazul valorilor mici ale lui α se poate folosi formula aproximativă :

$$\frac{0{,}16}{T_0 \cdot l} \left(\frac{l}{a_2} \right)^{2/3} . \quad (9)$$

Pentru a obţine valori mari ale frecvenţei maxime, în cazul întîrzierilor de ordinul 10^2 ns, este deci necesar ca raza a_2 a elicei să fie foarte mică.

În tehnica nanosecundelor, banda de frecvenţă necesar a fi transmisă fidel se întinde de obicei pînă la 200 MHz — aceasta este de

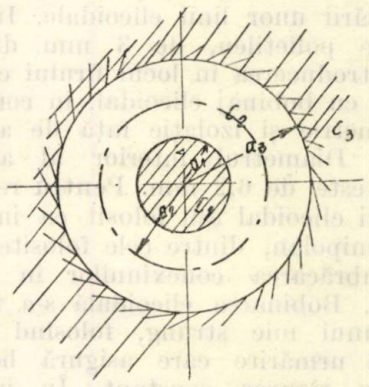


Fig. 2.

altfel şi frecvenţa maximă pe care o transmit amplificatorii distribuiţi uzuali.

După cum se ştie, timpul de creştere a unui impuls este dat de relaţia :

$$t = \frac{0{,}4}{f} , \quad (10)$$

aşa încît se consideră în general ca suficient un front de creştere de 2 ns.

Există linii elicoidale de producţie industrială destinate aplicaţiilor de radio. Ele se prezintă sub forma unor cabluri în polietilen de diametre în general mari (de exemplu 25 mm, pentru impedanţă de circa 600 Ω). Aceste cabluri nu constituie totuşi un material de uz curent, se fabrică rar, sînt scumpe şi în general greu de procurat. Pe lîngă aceasta, cablurile elicoidale industriale prezintă dezavantajul capital de a introduce distorsiuni de fază însemnate pentru lărgimi de bandă nu prea mari (de exemplu frecvenţa maximă este de 30 MHz la întîrzieri de numai 60 ns, în cazul cablului RKZ — 400) cu toate că atenuarea frecvenţelor înalte — pînă la 100 MHz — nu este prea mare. În cele ce urmează se prezintă realizarea unor linii elicoidale cu performanţe foarte bune pentru aplicaţii în domeniul nanosecundelor, care au fost încercate în laborator.

Construcţia şi calculul liniilor

Am ales o soluţie constructivă de tip $a_1 = 0$. Drept conductor C_3 am folosit armătura exterioară a unui cablu coaxial de producţie curentă — RK 50 — care este uşor de procurat. Această armătură este constituită dintr-o ţesătură de fire de cupru ce îmbracă un tub de polietilen, în timp ce armătura interioară (conductorul central) al cablului RK 50 este un fir subţire

de cupru ce se poate mişca liber în interiorul acestui tub, dielectricul cablului fiind mixt, aer şi polietilen. Armătura exterioară este acoperită la rîndul ei cu o manta de protecţie din policlorură de vinil.

Acest mod de construcţie convine foarte bine realizării unor linii elicoidale. Interiorul tubului de polietilen, de 3 mm diametru, permite introducerea în locul firului central a unei inimi cu bobinaj elicoidal, în condiţii de bună geometrie şi izolaţie faţă de armătura exterioară. Diametrul interior al armăturii exterioare este de 6,2 mm. Pentru realizarea bobinajului elicoidal am folosit ca inimă tuburi de mipolan, dintre cele folosite curent pentru îmbrăcarea conexiunilor în montaje electronice. Bobinarea elicoidală s-a făcut cu ajutorul unui mic strung, folosind un dispozitiv de urmărire care asigură bobinarea cu un pas riguros constant. În interiorul tubului de mipolan se introducea o sîrmă de oţel pentru asigurarea rigidităţii necesare în timpul bobinajului. După terminarea operaţiei de bobinare, înfăşurarea obţinută se fixează cu ajutorul unei soluţii de polistiren în toluen, iar sîrma de oţel se scoate. S-au putut realiza în acest fel, cu destulă uşurinţă, lungimi de conductor spiralizat de ordinul metrilor, care a fost apoi introdus în interiorul tubului de polietilen al cablului RK 50. Folosind această soluţie constructivă, se pot realiza linii elicoidale cu o varietate destul de mare de parametri. Pentru aplicaţiile ce le avem în vedere, era interesant să se obţină impedanţe caracteristice între 300—600 Ω.

Capacitatea pe unitatea de lungime corespunzătoare miezurilor elicoidale în cablu RK 50 a fost măsurată direct cu ajutorul unei punţi de capacităţi de precizie în joasă frecvenţă (800 Hz). S-a constatat că pentru diametrele de bobinaj folosite, capacitatea nu

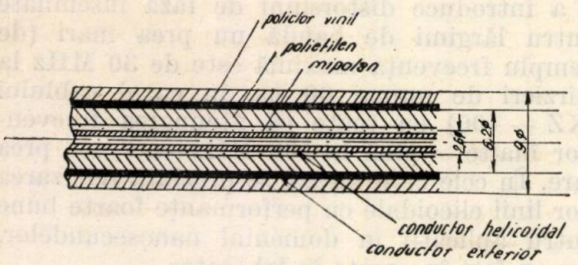


Fig. 3.

depinde practic de pasul bobinajului, avînd valori cuprinse între 0,96 — 1,03 pF/cm[2].

În soluţia constructivă aleasă, relaţia de calcul al inductanţei specifice capătă practic forma :

$$L = 39{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot n^2 \left[1 - \left(\frac{a_2}{a_3}\right)^2\right] \cdot a_2^2 \ \mu\text{H/cm}. \quad (11)$$

[2] Aceasta ar corespunde unui ε_r ceva mai mare decît al polietilenului pur.

De exemplu, una din liniile elicoidale a fost construită folosind un miez pe care s-a înfăşurat un fir de cupru emailat de 0,2 mm, cu un pas de 0,4 mm pe spiră ($n = 25$ spire/cm). S-a

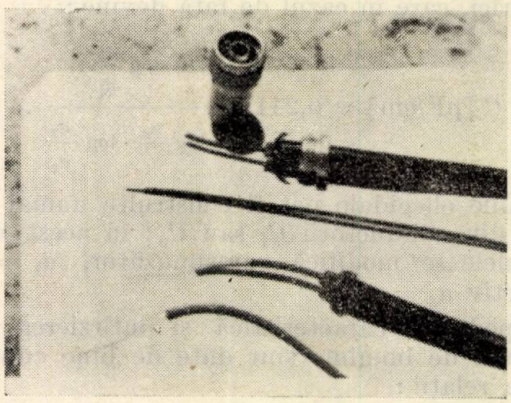


Fig. 4.

obţinut astfel un conductor elicoidal cu diametrul exterior de 2,8 mm. Deci :

$$a_2 = \frac{2{,}8 - 0{,}2}{2} = 1{,}3 \text{ mm}.$$

Conform celor arătate mai înainte, $a_3 = 3{,}1$ mm. În consecinţă :

$$L = 39{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot 25^2 \, [1 - (0{,}42)^2] \cdot 0{,}13^2 = 0{,}346 \ \mu\text{H/cm}$$

iar $C = 0{,}99$ pF/cm. În acest caz :

$$Z = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{0{,}346}{0{,}99} \cdot 10^6} = 590 \ \Omega$$

$$T_0 = \sqrt{L \cdot C} = \sqrt{0{,}346 \cdot 0{,}99 \cdot 10^{-18}} = 0{,}588 \text{ ns/cm}$$

respectiv 58,8 ns/m.

Se obţine în acest fel un cablu cu o impedanţă de aproximativ patru ori mai mare decît a cablului RK 50, în timp ce întîrzierea specifică este de circa 13 ori mai mare. Pe o lungime de un metru din asemenea cablu, limita superioară a benzii de frecvenţă transmisibilă fără distorsiuni de fază supărătoare este, după formula (9), aproximativ :

$$f_{max} = \frac{1{,}16}{2\pi T_0 \cdot l} (l/a_2)^{2/3} = \frac{1{,}16 \cdot 10^9}{2\pi \cdot 58{,}8} (767)^{2/3} = 265 \text{ MHz}.$$

În mod analog au fost calculate şi construite linii elicoidale cu $Z = 510$; 405 ; 320 Ω, respectiv cu $T_0 = 50{,}5$; 40 ; 31,6 ns/m, folosind bobinaje cu diferite pasuri pe miezuri de mipolan cu diametre de 2,4 şi 2 mm.

Frecvenţele maxime pentru o aceeaşi întîrziere sînt mai mari decît în cazul dat ca exemplu.

Capetele liniilor se pot foarte bine introduce în conectori coaxiali normali, deşi nu se mai poate realiza o adaptare perfectă din punct de vedere al impedanţei caracteristice. În cazul de faţă am utilizat pentru cuplaje conectori de tipul special IFA de 90 Ω care realizează legăturile prin lungimi mici, de ordinul 1 cm.

Încercări experimentale

Pentru verificarea parametrilor liniilor am făcut măsurători asupra vitezei de propagare a semnalelor electrice pentru o gamă întinsă de frecvenţă. C fiind determinat separat, prin măsurarea lui $T = \sqrt{L \cdot C}$ se pot verifica L şi Z. În acest fel se obţin direct date experimentale asupra distorsiunii de fază. Am folosit montajul schiţat în fig. 5.

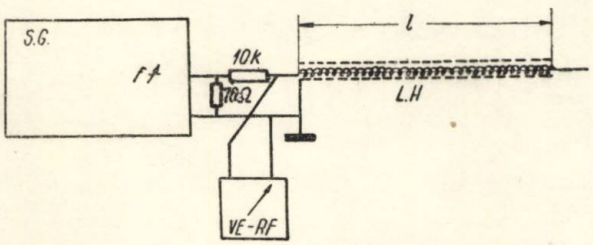


Fig. 5.

Un generator de înaltă frecvenţă cu nivel mare de ieşire (UKW Leistungsgenerator KFT typ 2 002) alimentează printr-o rezistenţă separatoare o secţiune de cablu elicoidal. Cu ajutorul unui voltmetru electronic de radiofrecvenţă conectat la capătul dinspre generator al liniei, se pot determina rezonanţele în $\lambda/2$, $2\ \lambda/2$, $3\ \lambda/2$, ... $n\lambda/2$; sau $\lambda/4$, $3\ \lambda/4$, ... $(2n+1)\ \lambda/4$, celălalt capăt putînd fi deschis sau scurtcircuitat. Frecvenţa generatorului poate fi variată în mod continuu în bandă 18—240 MHz, valoarea sa fiind verificată cu ajutorul unui undametru de precizie.

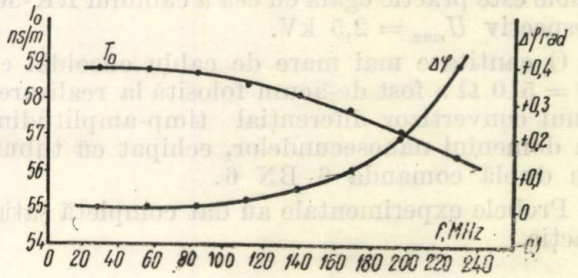


Fig. 6.

S-au făcut şi măsurători de control la frecvenţe mai joase. Redăm mai jos rezultatele unei serii de măsurători pentru linia elicoidală de 590 Ω. Secţiunea de măsură a avut o lungime de 31,2 cm.

După cum se vede, există o concordanţă foarte bună între datele experimentale şi calcul. Valorile lui T şi Z sînt practic egale cu cele calculate. Cu ajutorul acestor rezultate s-au trasat curbele din fig. 6.

Distorsiunea de fază pare să ajungă la 0,5 radiani la o frecvenţă ceva mai joasă decît cea predeterminată cu ajutorul formulei aproximative, dar este destul de mică pentru a permite realizarea de întîrzieri de ordinul 10^2 ns pentru impulsuri cu fronturi sub 2 ns.

Pentru determinarea atenuării s-au folosit secţiuni de cablu mai lungi (circa 1 m) terminate pe impedanţa caracteristică. Măsurătorile s-au făcut prin metoda substituţiei. Precizia acestor măsurători nu a putut fi prea mare, deoarece rezistenţele terminale nu au putut fi verificate la frecvenţe înalte. Pentru cablul ales ca exemplu, atenuarea la 100 MHz este $A \leqslant 0{,}8$ db/m, respectiv neglijabil de mică pentru întîrzierile curente în tehnica nanosecundelor.

Tabela 1

Rezonanţa	$\lambda/2$	$2\lambda/2$	$3\lambda/2$	$4\lambda/2$	$5\lambda/2$	$6\lambda/2$	$7\lambda/2$	$8\lambda/2$
f_1 MHz	27,2	54,41	81,7	109,6	137,4	166,7	195,1	227
$T \cdot l$ ns	18,4	18,4	18,4	18,3	18,2	18,02	17,94	17,65
T ns/m	58,8	58,8	58,8	58,4	58,1	57,8	57,2	56,5
$\Delta T = T_0 - T$	0	0	0	0,4	0,7	1,0	1,6	2,3
$\Delta\varphi_{rad} = \omega\Delta T$	0	0	0	0,0276	0,06	0,104	0,196	0,4

În mod analog s-au făcut măsurători şi pentru celelalte cable elicoidale. Valorile experimentale au concordat la fel de bine cu cele calculate. Tensiunea maximă de lucru a acestor cable este practic egală cu cea a cablului RK-50, respectiv $U_{max} = 2{,}5$ kV.

O cantitate mai mare de cablu elicoidal cu $Z = 510\ \Omega$ a fost de-acum folosită la realizarea unui convertizor diferenţial timp-amplitudine în domeniul nanosecundelor, echipat cu tuburi cu dublă comandă 6 BN 6.

Probele experimentale au dat completă satisfacţie.

Concluzii

Utilizarea liniilor elicoidale astfel construite se dovedeşte a fi foarte avantajoasă în multe aplicaţii.

În situaţiile în care este necesară obţinerea unor întîrzieri mari se realizează o mare economie de cablu coaxial şi de spaţiu, lungimile corespunzătoare folosite reducîndu-se în raport pînă la circa 1 :13. În cazul formării de impulsuri cu ajutorul liniilor scurtcircuitate, impedanţele caracteristice ridicate atrag o creştere de amplitudine cu pînă la 12 db, ceea ce elimină de multe ori etajele intermediare de amplificare.

În afară de tehnica nanosecundelor, liniile elicoidale pot fi utilizate la transformatori de radiofrecvenţă în $\lambda/4$, cu raport de transformare foarte ridicat, de exemplu $n = \left(\frac{590}{50}\right)^2 = 140$.

În fine, faţă de liniile de întîrziere cu parametri concentraţi, prezintă avantajul simplicităţii de construcţie, economiei de material şi spaţiu, supleţei, elasticităţii şi ecranării complete faţă de cuplajele parazite.

PENTRU TÎNĂRUL INGINER

MIOARA CĂLUŞIŢĂ*

Sistemele de reglare tip releu sau contactor

CZ 621-53

1. Introducere

La începuturile automaticii, sistemele de reglare tip releu au fost foarte mult utilizate datorită simplicităţii lor constructive.

Automatica dezvoltîndu-se, în special în domeniul servomecanismelor de poziţie, a necesitat metode precise de calcul şi proiectare. Mai întîi a apărut teoria servosistemelor liniare şi a furnizat metode precise de analiza şi sinteza sistemelor de reglare de tip continuu. Faptul că performanţele acestor sisteme puteau fi prevăzute prin calcul le-a extins utilizarea în dauna regulatoarelor tip releu şi a încetăţenit ideea că sistemele continue asigură reglarea optimă.

Dezvoltarea relativ recentă a metodelor de proiectare a sistemelor neliniare a arătat că folosind sistemele de reglare tip releu *se poate obţine o caracteristică de timp* (răspuns la semnal treaptă) *mai bună decît se poate realiza cu sistemele de tip continuu.* Automaticianul KOCHENBURGER R. J. a demonstrat că dacă criteriul de apreciere este durata procesului tranzitoriu, sistemul optim este de tip releu cu reţea de corecţie neliniară [1]. *Sistemele de reglare tip releu sînt mai ieftine* şi au un gabarit mai mic *decît sistemele de reglare continuă, deoarece pentru aceeaşi putere comandată, elementul de execuţie disipă o putere mai mică.*

În tehnica mondială există multe metode de proiectare a sistemelor tip releu [2,3], unele de dată recentă. Aceste metode sînt mai complicate, mai puţin precise şi mai puţin familiare tehnicienilor decît metodele ajunse clasice pentru proiectarea sistemelor de reglare de tip continuu.

2. Noţiuni şi definiţii privind sistemele de reglare tip releu

Să definim ca reglare releu, contactor, tot sau nimic, închis-deschis, sau da — nu, metoda în care mărimea de execuţie aplicată de dispozitivul de reglare procesului sau elementului automatizat este o funcţie neliniară de mărimea de acţionare (eroarea care acţionează), din cauza unui element cu caracteristică de releu aflat în bucla amplificării directe. Mărimea de la ieşirea releului constă din semnale corective, a căror amplitudine poate avea un număr discret şi finit de valori şi variază în salturi funcţie de mărimea de acţionare.

Fie de exemplu sistemul de reglare a temperaturii cuptorului C din fig. 1 [2,4,5], Mărimea de referinţă X_i se fixează

* Ing. M. CĂLUŞIŢĂ este cercetător la Institutul de cercetări electrotehnice.

în elementul pilot EP, format dintr-un potenţiometru şi un element normal. Mărimea de ieşire X_{ie}, în cazul de faţă temperatura, este măsurată de un termocuplu T, care constituie şi elementul reacţiei principale. Tensiunea electromotoare a termocuplului constituie mărimea de reacţie X_r care se compară cu mărimea de referinţă în elementul de comparaţie EC. La ieşirea acestuia se obţine mărimea de acţionare X_a, care în cazul de faţă reprezintă şi o măsură a erorii (eroarea măsurată în tensiune). Aceasta este amplificată electronic (în A) şi aplicată înfăşurării unui releu R. Cînd eroarea depăşeşte o anumită valoare, releul anclanşează şi asigură la ieşire o tensiune corectivă D care poate fi chiar tensiunea de alimentare a rezistenţelor de încălzire a cuptorului, adică chiar mărimea de execuţie. În alte cazuri, tensiunea de la ieşirea releului poate lua două valori distincte $+d$ şi $-d$ şi se aplică unui motor, cu două sensuri de rotaţie. În aceste cazuri, mărimea de execuţie este unghiul de rotaţie al axului motorului şi este tot o funcţie neliniară de mărimea de acţionare. (La semnale mici motorul nu este alimentat, iar la semnale mari este alimentat cu o tensiune fixă şi se roteşte uniform). În cazul din fig. 1, se foloseşte şi o reacţie de liniarizare. Tensiunea de la ieşirea elementului releu este trecută printr-o reţea corectoare RC şi însumată cu semnalul de eroare. Deşi pentru reacţie, în acest exemplu, se folosesc acelaşi fel de reţele corectoare ca şi la sistemele liniare, elementul esenţial de care trebuie să se ţină seamă în proiectarea reţelei este neliniaritatea sistemului. Pentru a pune în evidenţă această deosebire faţă de sistemele liniare, la sistemele tip releu nu vom numi reacţia proporţională, diferenţială sau integrală ca la sistemele liniare.

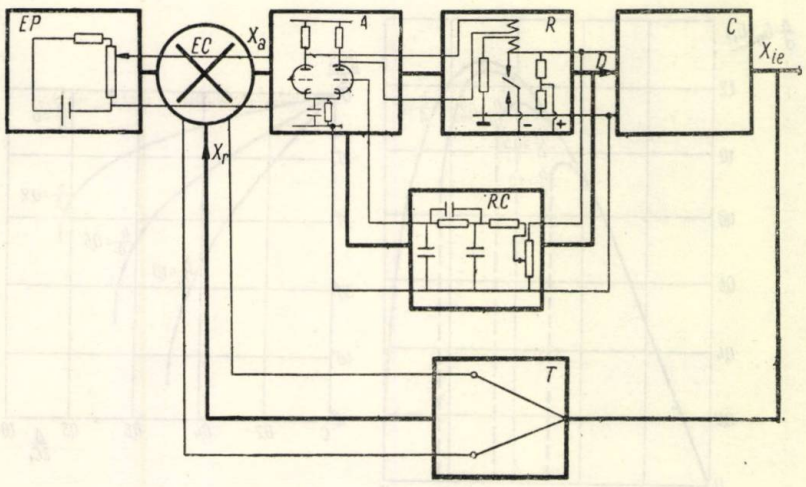


Fig. 1.

Releul face parte dintre elementele neliniare pentru semnale mari [1]. Din punctul de vedere al reglării automate, releul se caracterizează prin mai mulţi parametri.

Să numim mărime de comandă C a releului mărimea de intrare a elementului releu. În cazul releului electromagnetic este constituită din amperspirele de comandă, la releele electronice este o tensiune, la cele pneumatice o presiune de aer, o deplasare mecanică etc.

Să numim mărime de corecţie D, mărimea de ieşire a elementului releu. Mărimea de corecţie poate fi şi ea tensiune sau curent electric, presiune de aer etc.

Să numim caracteristica releului funcţia $D = G(C)$. În fig. 2 este reprezentată caracteristica unui releu tripoziţional. Se vede că mărimea de corecţie poate lua numai trei valori discrete egale cu $-d$, 0, d.

Să definim ca zonă moartă Δ, valoarea minimă a semnalului de comandă care schimbă de două ori (cu două trepte) amplitudinea semnalului de corecţie.

Dacă releul funcţionează în A (fig. 2) mărimea de corecţie fiind d, la aplicarea unui semnal de comandă egal în modul cu Δ, semnalul de corecţie devine $-d$ trecînd prin valoarea zero. Cînd mărimea de comandă este nulă, releul este neexcitat şi funcţionează în punctul O. Semnale de amplitudine mai mică de $\Delta/2$ nu afectează mărimea de corecţie. Rezultă că $\Delta/2$, deci jumătate din zona moartă, este măsura insensibilităţii releului. Scăderea ei echivalează cu o creştere a amplificării. Zona moartă are o importanţă esenţială în studiul stabilităţii şi al celorlalte performanţe ale sistemului. Clasificarea sistemelor releu după comportarea dinamică corespunde clasificării după comportarea lor în zona moartă.

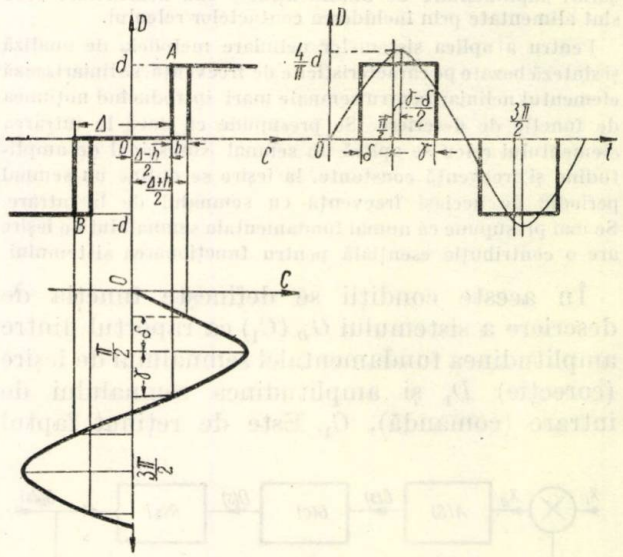


Fig. 2.

Să definim ca domeniu de histerezis h, diferenţa între valoarea minimă a mărimii de comandă necesară să aplice corecţia şi valoarea mărimii de comandă necesară să readucă corecţia la valoarea precedentă.

La releele electromagnetice, histerezisul este un efect datorit mai ales deplasării armăturii magnetice şi astfel varierii reluctanţei circuitului magnetic prin anclanşare. Histerezisul este un efect necesar în măsura în care face ca releul, odată atras,

[1] Se ştie că există două tipuri de elemente neliniare [6]. La elementele neliniare pentru semnale mici, funcţia de transfer depinde de punctul de funcţionare şi pentru semnalele mici se poate considera că nu depinde de mărimea semnalului aplicat, ca de ex. la un amplificator de CA, clasă A cu pentodă cu pantă variabilă. La elemente neliniare pentru semnale mari, funcţia de transfer depinde de amplitudinea semnalului aplicat. Amplificatorii care limitează elementele care prezintă saturaţie, releele sînt exemple tipice de astfel de elemente.

la perturbaţii ca oscilaţii mici ale semnalului de comandă sau vibraţii mecanice, să nu clămpăne. Histerezisul se manifestă prin introducerea unui unghi de întîrziere şi înrăutăţeşte stabilitatea. Se lucrează obişnuit cu parametrul h/Δ care se recomandă să fie mai mic de 20%, şi dacă se poate, chiar mai mic decît 10% [1]. În unele sisteme de reglare automată, în special la cele cu relee bipoziţionale (deci $h/\Delta = \infty$) se reglează histerezisul la valoarea dorită prin adăugarea de înfăşurări suplimentare de automenţinere sau dezexcitare care sînt alimentate prin închiderea contactelor releului.

Pentru a aplica sistemelor neliniare metodele de analiză şi sinteză bazate pe caracteristicile de frecvenţă, se liniarizează elementul neliniar pentru semnale mari introducînd noţiunea de funcţie de descriere. Se presupune că dacă la intrarea elementului releu se aplică un semnal sinusoidal de amplitudine şi frecvenţă constante, la ieşire se obţine un semnal periodic de aceiaşi frecvenţă cu semnalul de la intrare. Se mai presupune că numai fundamentala semnalului de ieşire are o contribuţie esenţială pentru funcţionarea sistemului.

În aceste condiţii se defineşte funcţia de descriere a sistemului $G_D(C_1)$ ca raportul dintre amplitudinea fundamentalei semnalului de ieşire (corecţie) D_1 şi amplitudinea semnalului de intrare (comandă), C_1. Este de reţinut faptul

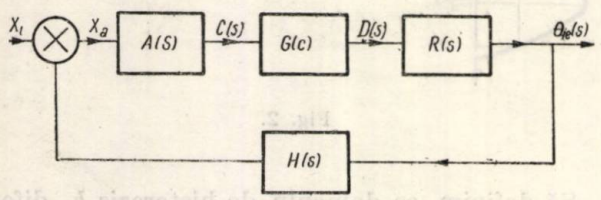


Fig. 4.

că funcţia de descriere este independentă de frecvenţa semnalului de intrare şi depinde numai de amplitudinea acestui semnal.

În fig. 2 se arată construirea grafică a răspunsului elementului releu la un semnal sinusoidal. Funcţia de descriere se calculează cu ajutorul descompunerii în serie Fourrier şi se găseşte :

$$G_D(C_1) = \frac{4}{\pi}\frac{d}{C_1}\sin\left|\left(\frac{\delta+\gamma}{2}\right)\right|\left|-\frac{\gamma-\delta}{2}\right| \qquad (1)$$

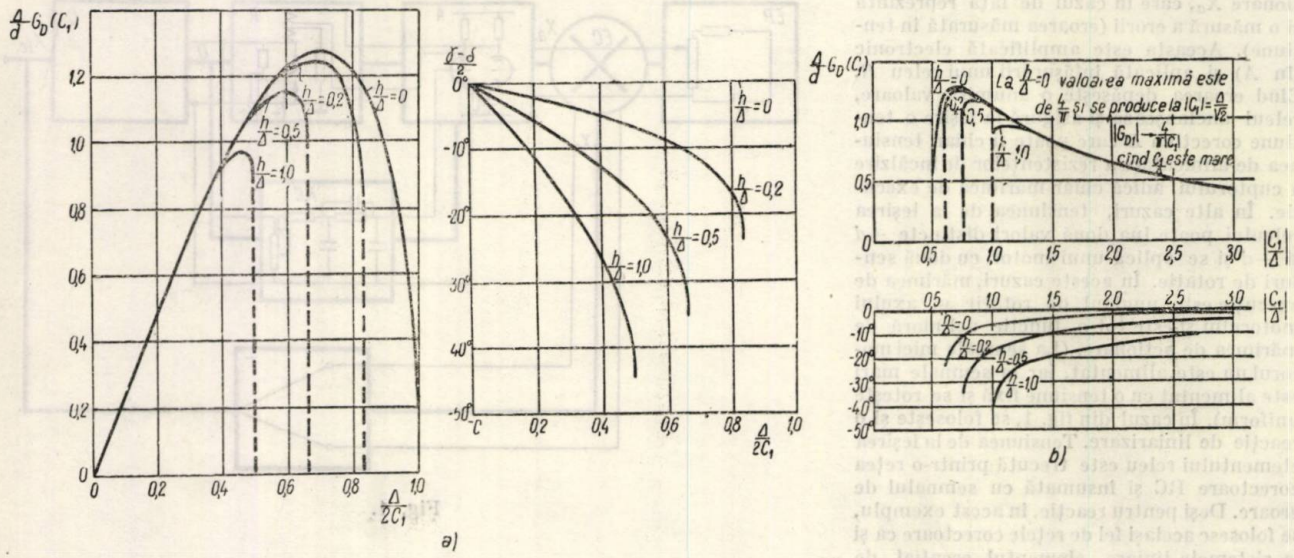


Fig. 3.

Prin intermediul lui δ şi γ, $G_D(C_1)$ depinde de Δ, h şi C_1. În locul expresiei (1) se obişnuieşte să se folosească funcţiile :

$$\frac{\Delta}{d}G_D(C_1) = f(\Delta/2/C_1,\ h/\Delta). \qquad (2)$$

$$\frac{\gamma-\delta}{2} = \varphi(\Delta/2/C_1,\ h/\Delta) \qquad (3)$$

Aceste funcţii se dau de obicei grafic. În ordonată se notează $\frac{\Delta}{d}G_D(C_1)$ respectiv $\frac{\delta-\gamma}{2}$, în abscisă $\frac{\Delta}{2}/C_1$ iar $\frac{h}{\Delta}$ se ia parametru (fig. 3, *a*) [6].

Alteori relaţiile de mai sus se reprezintă notînd pe abscisă C_1/Δ (fig. 3, *b*). Se remarcă că funcţia de descriere este 0 pentru

$$C_1 < \frac{\Delta+h}{2} \qquad (4)$$

adică

$$\frac{C_1}{\Delta} < 0{,}5 + \frac{h}{2\Delta} \qquad (4')$$

funcţia creşte cu C_1/Δ şi prezintă un maxim, apoi datorită efectului de limitare al releului scade lent cu creşterea semnalului de intrare (fig. 3, *b*). În cazul $h = 0$ maximul corespunde la $C_1 = \frac{\Delta}{\sqrt{2}}$ [1].

Pentru a face o legătură cu sistemele liniare, analog factorului de amplificare se defineşte un factor de deschiderea corecţiei sau de fuga corecţiei (runaway correction), ca raportul dintre mărimea de ieşire staţionară care ar rezulta dacă releul ar rămîne acţionat un timp foarte lung (teoretic infinit) şi valoarea mărimii de corecţie.

Fie sistemul de reglare a temperaturii din fig. 4. Mărimea de acţionare X_a (eroarea care acţionează) este amplificată de elementul liniar cu funcţia de transfer $A(s)$ şi constituie semnalul de comandă $C(s)$ al releului. Acesta produce la ieşire semnale de corecţie $D(s)$ care, presupunem că în cazul de faţă reprezintă tensiunea de alimentare a rezistenţelor de încălzire ale unui cuptor electric. Presupunem $R(s)$ funcţia de transfer a cuptorului, iar $\theta_{ie(s)}$ temperatura cuptorului.

$$\theta_{ie}(s) = R(s).\, D(s) \tag{5}$$

Presupunem că $R(s)$ nu are poli în origină şi este raportul a două polinoame în s. Atunci $R(s)$ este de forma :

$$R(s) = R_p \frac{p(s)}{q(s)} \tag{6}$$

unde

$$\frac{p(s)}{q(s)} = \frac{p_\alpha + s^\alpha\, p_{\alpha-1}\, s^{\alpha-1} + \ldots\ldots + 1}{q_\beta\, s^\beta + q_{\beta-1}\, s^{\beta-1} + \ldots\ldots + 1} \tag{7}$$

Se ştie că valoarea staţionară a temperaturii de ieşire este :

$$\theta_{ie\ stat} = \lim_{t\to\infty} \theta_{ie}(t) = \lim_{s\to 0} s\ \theta_{ie}(s) \tag{8}$$

Pentru $s = 0$ expresia (7) devine egală cu 1 deci comportarea sistemului în regim staţionar corespunde sistemului caracterizat de relaţia :

$$\theta_{ie}(s) = R_p\, D(s) \tag{9}$$

La un releu tripoziţional mărimea de corecţie $D(t)$ poate lua numai valorile $-d$, 0 şi $+d$. Presupunem $D(t) = d$ deci $D(s) = \frac{d}{s}$ (semnal treaptă de poziţie). Temperatura staţionară conform relaţiei (9) este :

$$\theta_{ie\ stat} = \lim_{s\to 0} s\, R_p \frac{d}{s} = R_p\, d \tag{10}$$

Să numim $R(s)$ deschiderea sau fuga corecţiei iar R_p factorul de corecţie al sistemului. Se vede că R_p din formula (10) corespunde definiţiei dată anterior. Pentru a determina experimental factorul de corecţie se lasă releul anclanşat aşa încît $D(t) = d$. După un timp suficient de lung se măsoară temperatura staţionară. Presupunem că s-a găsit $\theta_{ie\ stat+} = 175°C$. Pentru $D(t) = -d$ se măsoară $\theta_{ie\ stat-} = 25°C$. Punctul mediu al domeniului de reglare corespunde la $\frac{\theta_{ie\ stat+} + \theta_{ie\ stat-}}{2} = 100°C$ iar factorul de corecţie

$$R_p = \frac{\theta_{ie\ stat+} - \theta_{ie\ stat-}}{2\, d}\ .$$

Presupunînd $d = 1$ $R_p = 75°C$/tensiune.

Să presupunem că $R(s)$ prezintă un pol în origină (de exemplu elementul de execuţie este un motor). În acest caz sistemul se comportă ca şi cum ar fi caracterizat de relaţia :

$$\theta_{ie}(s) = \frac{R_v}{s} D(s) \tag{11}$$

ceea ce echivalează cu

$$\theta_{ie}(t) = R_v \int D(t)\ dt \tag{12}$$

sau pentru $D(t) = d$ (13)

$$\theta_{ie}(t) = R_v\, d \cdot t + \text{const} \tag{14}$$

Se defineşte R_v ca un factor de deschidere a corecţiei la viteză, analog factorului de amplificare la viteză şi reprezintă viteza de creştere a temperaturii cînd se aplică corecţia, exprimîndu-se în °C/volt sec.

Factorul de deschidere a corecţiei este un parametru al sistemului şi nu al releului ca ceilalţi parametri arătaţi anterior.

3. Criterii de apreciere a sistemelor de reglare tip releu.

3.1. Precizia sistemului în regim staţionar este cu atît mai bună cu cît zona moartă este mai îngustă. O îngustare prea mare a zonei moarte înrăutăţeşte stabilitatea sau impune utilizarea reţelelor corectoare.

3.2. Precizia sistemului în regim dinamic se apreciază prin viteza de răspuns şi prin stabilitate. În sistemele liniare, viteza de răspuns poate fi apreciată după timpul de ridicare al frontului semnalului de ieşire. În cazul sistemelor neliniare, acest timp depinzînd esenţial de amplitudinea semnalului de intrare, nu are sens.

Noţiunea de stabilitate de asemenea îşi schimbă sensul. Să definim noile cazuri de stabilitate :

a) Să numim sisteme complet stabile, sistemele stabile în sensul utilizat la sistemele liniare, adică sistemele care pentru orice semnal perturbator nu prezintă tendinţa de a intra în regim de oscilaţii întreţinute.

Acestor sisteme li se poate aplica noţiunea de grad de stabilitate. Gradul de stabilitate se poate exprima de exemplu prin condiţia ca pentru un semnal treaptă la intrare de 50° mărimea controlată să se încadreze în limitele de ± 1° după 0,5 s şi prima depăşire (Overshoot) să fie mai mică de 5°.

b) Să numim sisteme suficient de stabile, sistemele care pot funcţiona în regim de oscilaţii întreţinute de amplitudine suficient de mică încît variabila controlată să nu prezinte erori mai mari decît cele admise şi pentru orice fel de perturbaţie sistemul să nu intre în regim de oscilaţii de amplitudine periculoasă.

Şi pentru acest caz se poate defini un grad de stabilitate care se poate exprima prin condiţiile ca la un semnal treaptă la intrare de 50° mărimea controlată să prezinte o depăşire mai mică de 5° şi oscilaţiile care se stabilesc să devină mai mici de ±1° după un timp mai scurt de 0,5 s. La dimensionarea acestor sisteme trebuie să se aibă în vedere toate efectele oscilaţiilor nu numai privind eroarea mărimii controlate ci şi eventualele încălziri sau uzuri suplimentare.

c) Să numim sisteme condiţional stabile acele sisteme care pentru perturbaţiile de mărime obişnuită se comportă ca sisteme complet stabile sau suficient stabile. Perturbaţii mai mari decît o valoare critică pot duce la apariţia unor oscilaţii întreţinute de amplitudine periculoasă.

Această stabilitate este diferită de stabilitatea condiţională a sistemelor liniare. Asemănarea constă numai în faptul că şi sistemele neliniare cu stabilitate condiţională se întreţin cu precauţii deoarece impun o condiţie, în cazul de faţă ca perturbaţiile să nu depăşească valoarea critică.

d) Să numim sisteme nestabile sistemele în care o perturbaţie introdusă în sistem produce un regim de oscilaţii întreţinute de amplitudine periculoasă privind precizia mărimii controlate sau securitatea elementelor din instalaţie.

3.3. Un alt criteriu de apreciere, de data aceasta specific sistemelor tip releu şi nu tuturor sistemelor neliniare este numărul de anclanşări ale releului. De obicei, considerente privind uzura releului, a elementului de execuţie, a mecanismelor din sistem, a elementelor electronice care primesc şocuri electrice etc., impun limitarea numărului de anclanşări.

Această cerinţă se poate formula de exemplu astfel; dacă se aplică un semnal treaptă la intrare de 50° mărimea controlată să fie adusă în limitele admise de $\pm$ 1° corespunzînd zonei moarte cu mai puţin de 5 anclanşări. Este de remarcat că uneori utilizarea reţelelor corectoare poate conduce la mărirea numărului de anclanşări [1,6].

4. Metode de analiză şi sinteza sistemelor de reglare tip releu

4.1. *Metoda încercărilor experimentale.* Avînd în vedere complexitatea şi imprecizia calculelor, la proiectarea sistemelor tip releu se utilizează foarte mult metoda încercărilor pe sistem sau pe analogul lui modelat pe un calculator. Este indicat ca această metodă să fie dublată de o metodă analitică, prin care să se urmărească în paralel, cel puţin calitativ, comportarea sistemului.

4.2. *Metoda ecuaţiilor diferenţiale* este foarte laborioasă şi se poate aplica servosistemelor caracterizate prin ecuaţii diferenţiale cunoscute. Metoda este recomandabilă pentru analiza sistemelor care au fost proiectate prin metode mai puţin precise.

Se scriu ecuaţiile sistemului corespunzătoare diferitelor poziţii ale releului. Aceste ecuaţii se aproximează liniare. Se aplică semnalul de intrare. Se deduce poziţia releului. Se utilizează ecuaţiile diferenţiale valabile în acest caz şi condiţiile iniţiale date. Această soluţie este valabilă pînă în momentul în care semnalul de comandă schimbă poziţia releului. Începînd din acel moment, soluţia este dată de ecuaţiile diferenţiale care corespund noii poziţii şi noilor condiţii iniţiale.

4.3. *Metoda caracteristicilor de frecvenţă şi a funcţiei de descriere* [1,6,7,8] este o extindere la sistemele neliniare a metodelor de studiu bazate

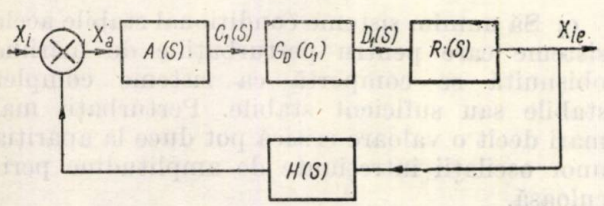


Fig. 5.

pe răspunsul la semnal sinusoidal de la sistemele liniare. Este singura metodă practic aplicabilă la sinteza sistemelor cu relee multipoziţionale şi la sistemele cu ecuaţie caracteristică de ordin ridicat. Această metodă nu este considerată de mare precizie deoarece exactitatea cu care se verifică variază de la un caz la altul, una din cauze fiind faptul că nu ţine seamă de poziţia releului în lanţul de amplificare directă. La sistemele care au poli în origină, metoda asigură o precizie mai bună (3...7%) decît la sistemele fără poli (de tip zero), deoarece sistemele cu poli în origină au un filtru trece jos, care atenuează armonicele şi realizează astfel mai bine ipotezele în care s-a definit funcţia de descriere.

Fie sistemul din fig. 5. Elementul releu este caracterizat prin funcţia de descriere $G\ (C_1)$ care nu depinde de s, restul elementelor fiind liniare prezintă funcţii de transfer care depind numai de s. Funcţia amplificării directe:

$$G_n\ (s,\ C_1) = A\ (s)\ G_D\ (C_1)\ R\ (s) \qquad (15)$$

poate fi pusă sub forma unui produs de doi factori

$$G_n\ (s,\ C_1) = G\ (s)\ G_D\ (C_1) \qquad (16)$$

dintre care factorul $G\ (s)$ depinde numai de frecvenţă şi include eventualele constante de timp electrice ale releului, iar factorul $G_D\ (C_1)$ este funcţia de descriere a releului şi depinde numai de amplitudinea semnalului de comandă al releului.

Ţinînd seamă de notările din fig. 5, funcţia de transfer a sistemului cu buclă închisă este:

$$\frac{X_{ie}}{X_i} = \frac{G_n\ (s,\ C_1)}{1 + G_n\ (s,\ C_1)}, \qquad (17)$$

şi înlocuind $G_n\ (s,\ C_1)$ din (16)

$$\frac{X_{ie}}{X_i} = \frac{G(s)\ G_D\ (C_1)}{1 + G\ (s)\ G_D(C_1)\ H\ (s)}. \qquad (18)$$

Mai jos se arată două moduri de a generaliza criteriul lui Nyquist pentru a studia stabilitatea sistemului reprezentat de ecuaţia (18).

Prima generalizare foloseşte expresia (18) scrisă sub forma [6]

$$\frac{X_{ie}}{X_i} = \frac{G\ (s)}{\dfrac{1}{G_D\ (C_1)} + G\ (s)\ H\ (s)}. \qquad (19)$$

şi se enunţă astfel:
Dacă sînt îndeplinite condiţiile:

1) funcţia $G_D\ (C_1)$ este prin esenţa ei stabilă,

2) funcţiile $G\ (s)$ şi $H\ (s)$ reprezintă sisteme în buclă deschisă stabile, adică fără poli în partea dreaptă a planului complex,

3) funcţia $G\ (s).\ H\ (s)$ este nulă pentru $s = \infty$ (fiind exprimată ca raportul a două polinoame în s gradul numitorului este mai mare decît gradul numărătorului)[2]

atunci funcţia $\dfrac{X_{ie}}{X_i}$

[2] Condiţiile 2 şi 3 trebuie îndeplinite şi la sistemele liniare cînd se aplică criteriul Nyquist.

este stabilă adică nu admite poli în partea dreaptă a planului complex dacă şi numai dacă $G(j\omega)\,H(j\omega)$ nu înconjoară punctul $-\frac{1}{G_D(C_1)}$ în sens orar cînd ω variază de la $-\infty$ la $+\infty$.

În adevăr, fie planul complex s în care se reprezintă variabila $s = \sigma + j\omega$ şi planul W în care se reprezintă $W = \Sigma + j\Omega$. Fie $F(s)$ o funcţie care defineşte o corespondenţă între planul s şi planul W. (Aceasta face ca la un punct s_1 din planul s să-i corespundă în planul W unul sau mai multe puncte $W_1 = F(s_1)$). Presupunem că $F(s)$ are polii $s_{p1} \ldots s_{pi}$ şi zerourile $s_{z1} \ldots s_{zj}$, deci este de forma

$$F(s) = \frac{(s - s_{z1}) \ldots . (s - z_{zj})}{(s - s_{p1}) \ldots . . (s - s_{pi})} \qquad (20)$$

Dacă s parcurge în planul s un contur γ care înconjoară în sens orar Z zerouri şi P poli ai funcţiei $F(s)$, atunci W definit de $F(s)$ parcurge în planul W o curbă Γ care înconjoară originea de N ori unde $N = Z - P$.

Funcţia $\frac{X_{ie}}{X_i}$ conform definiţiei este nestabilă dacă admite poli în semiplanul drept. Din expresia (19) se vede că întrucît $G(s)$ nu are poli în semiplanul drept (în baza condiţiei 2), $\frac{X_{ie}}{X_i}$ este nestabilă dacă şi numai dacă numitorul admite zerouri în semiplanul drept adică :

$$\frac{1}{G_D(C_1)} + G(s)\,H(s) = 0. \qquad (21)$$

Pentru găsirea zerourilor din semiplanul drept ale expresiei (21), se alege în planul s o curbă γ formată din axa imaginară de la $-j\infty$ la $+j\infty$ şi un cerc de rază R cu $|R|$ tinzînd la ∞. Această curbă înconjoară toate zerourile din semiplanul drept ale expresiei (21). Se defineşte o corespondenţă de la planul s la planul W prin transformarea $G(s)\,H(s)$. Dacă am fi ales corespondenţa între cele două planuri definită de funcţia $\left|\frac{1}{G_D(C_1)} + G(s)\,H(s)\right|$ originea axelor planului W ar fi fost translatată în punctul $-\frac{1}{G_D(C_1)}$ deci dacă s parcurge curba γ în planul s, W parcurge curba Γ în planul W şi înconjoară punctul $-\frac{1}{G_D(C_1)}$ de un număr $N = Z - P$ unde Z este numărul zerourilor iar P numărul polilor funcţiei $\left|\frac{1}{G_D(C_1)} + G(s)\,H(s)\right|$. Conform condiţiei 2, $G(s)$ şi $H(s)$ nu au poli, deci numărul zerourilor arată de cîte ori curba $G(j\omega)\,H(j\omega)$ înconjoară în sens orar $-\frac{1}{G_D(C_1)}$ cînd ω variază de la $-\infty$ la $+\infty$. Cercul de rază infinită dispare din definiţie, deoarece conf. condiţiei 3, lui $\omega = \pm\infty$ îi corespunde originea.

Exemple. Se consideră funcţia de descriere a unui releu fără histerezis. În fig. 6, *a* s-a trasat cu linie întreruptă curba $-\frac{1}{G_D(C_1)}$. Această curbă există pentru $C_1 \geqslant \frac{\Delta}{2}$ unde Δ este zona moartă şi se confundă cu axa reală deoarece funcţia de descriere a releelor fără histerezis prezintă defazaj nul. S-a notat sensul de creştere al lui C_1. S-a ales $G(j\omega)\,H(j\omega)$ de forma

$$G(j\omega)\,H(j\omega) = \frac{K}{(T_1 j\omega + 1)(T_2 j\omega + 1)}$$

Se vede că, parcurgînd curba în sensul creşterii lui ω (indicat de săgeată) nu se închide în sens orar (nu se lasă la dreapta) nici un punct al curbei $-\frac{1}{G_D(C_1)}$, deci sistemul studiat este complet stabil.

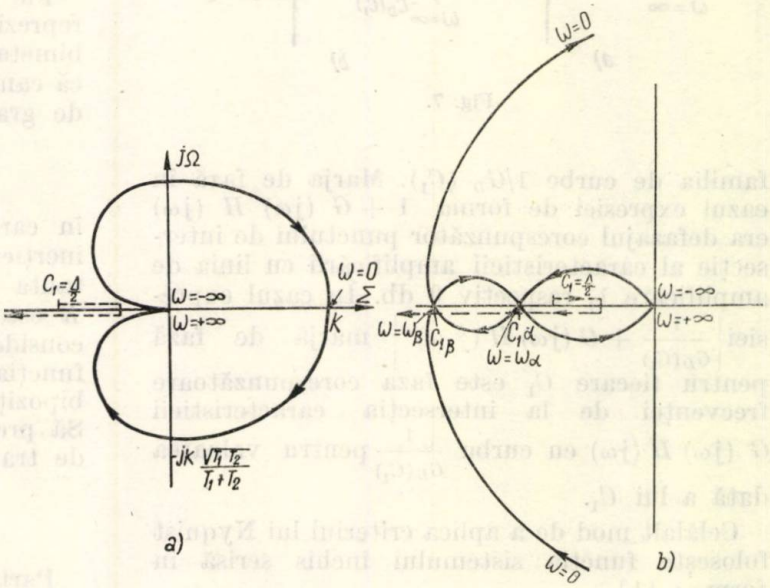


Fig. 6.

Fie acelaşi releu şi funcţia $G(j\omega)\,H(j\omega)$ din fig. 6, *b*. Parcurgînd curba de la $\omega = -\infty$ la $\omega = +\infty$ se vede că sistemul este stabil (curba nu lasă la dreapta punctele lui $-\frac{1}{G_D(C_1)}$) pentru $C_1 < C_{1\alpha}$ şi pentru $C_1 > C_{1\beta}$. Să presupunem că sistemul primeşte o perturbaţie căreia îi corespunde un C_1. Dacă acest C_1 este întotdeauna mai mic decît $C_{1\alpha}$ (sistemul este protejat pentru perturbaţii $C_1 > C_{1\alpha}$) se consideră sistemul condiţional stabil. Dacă $C_{1\alpha}$ este o mărime curentă, cînd sistemul atinge această valoare începe să oscileze. Amplitudinea oscilaţiilor creşte pînă sistemul ajunge în punctul caracterizat prin amplitudine $C_{1\beta}$ şi frecvenţa ω_β şi rămîne în acest punct. În adevăr, dacă $C_1 > C_{1\beta}$ sistemul devine stabil, amplitudinea oscilaţiilor scade ajungînd iar $C_{1\beta} \cdot C_{1\beta}$ corespunde unui punct de oscilaţie convergent deoarece cînd sistemul se apropie de el, din ambele părţi tinde să se stabilească în acest punct de funcţionare, în timp ce $C_{1\alpha}$ corespunde unui punct de oscilaţie divergent deoarece sistemul tinde să-şi depărteze punctul de funcţionare de el. Dacă amplitudinea $C_{1\beta}$ este suficient de mică încît sistemul să se încadreze în condiţiile de precizie impuse şi poate fi suportată de sistem, atunci sistemul este suficient stabil. Dacă această amplitudine este neadmisibilă din considerente de precizie sau de siguranţa în funcţionare a sistemului, se consideră sistemul nestabil. Pe grafic se poate aprecia cum trebuie modificată curba, deci ce reţele corectoare să i se adauge, pentru ca să corespundă condiţiilor impuse.

Ca şi la sistemele liniare, criteriului lui Nyquist îi corespunde o metodă de lucru pe caracteristicile amplitudine frecvenţă şi fază frecvenţă ridicate la scară logaritmică.

Se trasează la scară logaritmică atenuarea şi faza funcţiei $G\,(j\omega)\,H\,(j\omega)$. Se trasează şi

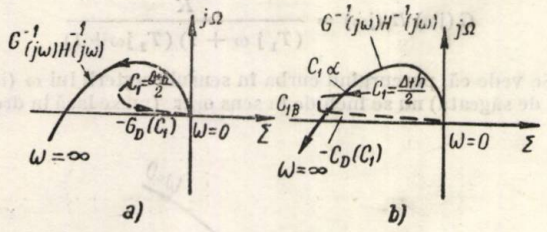


Fig. 7.

familia de curbe $1/G_D\,(C_1)$. Marja de fază în cazul expresiei de forma $1 + G\,(j\omega)\,H\,(j\omega)$ era defazajul corespunzător punctului de intersecţie al caracteristicii amplificării cu linia de amplificare 1, respectiv 0 db. În cazul expresiei $\left|\frac{1}{G_D(C_1)} + G\,(j\omega)\,H\,(j\,\omega)\right|$ marjă de fază pentru fiecare C_1 este faza corespunzătoare frecvenţei de la intersecţia caracteristicii $G\,(j\omega)\,H\,(j\omega)$ cu curba $\frac{1}{G_D(C_1)}$ pentru valoarea dată a lui C_1.

Celălalt mod de a aplica criteriul lui Nyquist foloseşte funcţia sistemului închis scrisă în forma : [1]

$$\frac{X_{ie}}{X_i} = \frac{G_D\,(C_1)}{H\,(s)^{-1}\,G\,(s)^{-1} + G_D\,(C_1)}\,. \qquad (22)$$

Se reprezintă grafic funcţia de descriere — $-G_D(C_1)$ şi funcţia $G^{-1}\,(j\,\omega)\,H^{-1}\,(j\,\omega)$ care se numeşte şi funcţie inversă deoarece este inversa funcţiei sistemului în buclă deschisă. Parcurgînd curba reprezentînd funcţia inversă în sensul creşterii lui ω se consideră sistemul stabil pentru punctele lui $-G_D(C_1)$ pe care nu le înconjoară (nu le lasă la dreapta) şi nestabil pentru punctele pe care le lasă la dreapta.

În fig. 7 s-a trasat cu linie întreruptă, $-G_D\,(C_1)$ pentru un releu tripoziţional cu histerezis indicînd cu săgeată sensul creşterii lui C_1. Sistemul din fig. 7, *a* este complet stabil, iar cel din fig. 7, *b* se pretează unei discuţii ca sistemul din fig. 6, *b*.

Ca şi în cazul precedent, se poate utiliza o metodă corespunzătoare în planul logaritmic al caracteristicelor de frecvenţă şi se poate în mod corespunzător defini o marjă de fază.

Este de menţionat faptul că folosind noţiunea de funcţie de descriere s-au extins metodele de la sistemele liniare la cele neliniare şi pentru semnale definite statistic.

4.4. *Metoda planului fazelor.* [1,2,6,9,10,11, 12] este metoda cea mai utilizată în studiul sistemelor neliniare. Exemplul tipic de aplicarea ei la sistemele tip releu îl constituie cazul sistemului de felul celui din fig. 4, avînd $A\,(s) = \text{const.}$ şi deschiderea corecţiei $R\,(s)$ de gradul 2 şi fără poli în origine[3]. Metoda planului fazelor permite analiza funcţionării sistemului în timpul diverselor poziţii ale contactorului. Se ştie că comportarea unui sistem diferă în timpul diverselor poziţii ale releului şi o optimizare corectă trebuie să ţină seamă de această caracteristică. Datorită acestui fapt, metoda planului fazelor, atunci, cînd se poate utiliza, este cea mai adecvată studierii sistemelor tip releu.

Fie sistemul din fig. 4. Să presupunem că reprezintă o cameră termostatată reglată cu un bimetal. Să presupunem, aşa cum se obişnuieşte, că camera termostatată are funcţia de transfer de gradul doi

$$R\,(s) = \frac{X_{ie}}{D(s)} = \frac{R}{(1 + T_1\,s)\,(1 + T_2\,s)} \qquad (23)$$

în care T_1 este constanta de timp datorită inerţiei termice a părţii metalice iar T_2 constanta de timp datorită învelişului refractar şi R este factorul de deschidere a corecţiei. Să considerăm releul (contactorul) caracterizat prin funcţia $D = G\,(e)$ corespunzînd unui releu bipoziţional cu histerezis $h = 6°C$ şi $d = \pm 1$. Să presupunem că bimetalul prezintă funcţia de transfer

$$A\,(s) = \frac{C\,(s)}{X_a\,(s)} = \frac{A}{1 + T_3 s}\,. \qquad (24)$$

Partea liniară a sistemului ar fi caracterizată printr-o ecuaţie de gradul 3, ceea ce nu permite aplicarea metodei de lucru în planul fazelor în forma obişnuită, deoarece planul avînd numai două dimensiuni, impune ca ordinul ecuaţiei analizate să fie cel mult doi. Din această cauză se neglijează constanta de timp cea mai mică, în cazul de faţă T_3, care se poate presupune de ordinul zecilor de secunde, în timp ce T_1 şi T_2 sînt de ordinul minutelor. Pentru simplificare să considerăm $A = 1$[4].

În aceste condiţii, partea dependentă de frecvenţă din funcţia de transfer a sistemului în buclă deschisă este chiar deschiderea corecţiei (23) iar funcţionarea corespunde ecuaţiei operaţionale

$$[T_1\,T_2\,s^2 + (T_1 + T_2)\,s + 1]\,X_{ie} = RD \qquad (25)$$

sau în scriere diferenţială

$$T_1\,T_2\,\frac{\mathrm{d}^2\,X_{ie}}{\mathrm{d}\,t^2} + (T_1 + T_2)\,\frac{\mathrm{d}\,X_{ie}}{\mathrm{d}\,t} + X_{ie} = RD. \qquad (26)$$

[3] Lipsa polilor în origină arată că este contraindicată folosirea funcţiei de descriere.

[4] În literatură se indică metode pentru reducerea unui sistem mai complicat la unul conţinînd în bucla amplificării directe la intrare elementul neliniar, urmat de un element cu funcţia de transfer liniară şi cu funcţia de transfer a elementului de reacţie egală cu unu. A se vedea, de exemplu, în GILLE J., PELEGRIN M. şi DECAULINE P: Feedback Control Sistems Analysis Synthesis and Design. Mc. Graw Hill Book Co., New-York 1959, pag. 340—395 [3].

Să construim diagrama ecuației (26) în planul fazelor. În planul fazelor se reprezintă pe abscisă eroarea și pe ordonată derivata erorii sau mărimi echivalente acestora. Timpul nu apare explicit în reprezentare, ci numai prin intermediul derivatei în raport cu timpul.

Să alegem ca variabilă

$$E = X_{ie} - RD \tag{27}$$

și ca funcție

$$\dot{E} = \frac{dE}{dt} \tag{28}$$

Deoarece RD = const. în timpul în care releul nu-și schimbă poziția.

$$\dot{E} = \frac{dE}{dt} = \frac{d\,X_{ie}}{dt}. \tag{29}$$

Ținînd seama de (27) și (29) ec. (26) devine

$$T_1\,T_2\,\frac{d^2E}{d\,t^2} + (T_1 + T_2)\frac{dE}{dt} + E = 0. \tag{30}$$

Folosind (28) se elimină timpul și se obține:

$$T_1T_2\,\dot{E}\frac{D\dot{E}}{dE} + (T_1 + T_2)\,\dot{E} + E = 0. \tag{31}$$

Din această ecuație se poate afla $\dot{E} = f(E)$. Întrucît ecuația (31) este mai greu de rezolvat, uneori se rezolvă ecuația (30).

Se obține soluția

$$E = C_1\,e^{-t/T_1} + C_2\,e^{-t/T_2}. \tag{32}$$

Se elimină timpul din această expresie folosind derivata ei (33)

$$\dot{E} = \frac{dE}{dt} = -\frac{C_1}{T_1}\,e^{-t/T_1} - \frac{C_2}{T_2}\,e^{-t/T_2} \tag{33}$$

și se găsește:

$$\left(\frac{E}{K} + T_2\,\frac{\dot{E}}{K}\right)^{T_1} = \left(\frac{E}{K} + T_1\,\frac{\dot{E}}{K}\right)^{T_2} \tag{34}$$

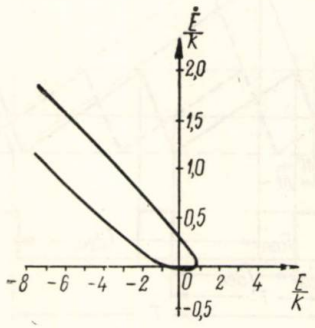


Fig. 8.

Expresia (34) reprezintă soluția ecuației (31), K fiind o constantă arbitrară. Această soluție se poate reprezenta grafic luînd în abscisă $\frac{E}{K} = \frac{X_{ie} - RD}{K}$ și în ordonată $\frac{\dot{E}}{K}$ (fig. 8). (Uneori este mai comod ca și pentru reprezentarea grafică să se folosească exprimarea parametrică (32,33)).

Din relațiile 32 și 33 se vede că atunci cînd timpul tinde la infinit, curba tinde spre origine. Acest fapt corespunde

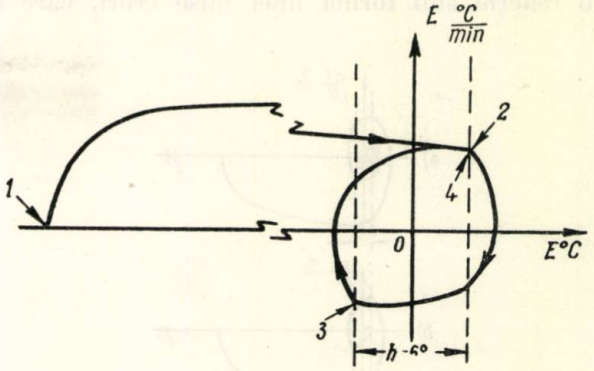


Fig. 9.

definiției factorului de deschidere a corecției R, care reprezintă valoarea pe care o ia mărimea de ieșire împărțită la D, după un suficient de lung timp în care releul a rămas anclanșat.

Curba $\frac{\dot{E}}{K} = f\left(\frac{E}{K}\right)$ odată trasată (fig. 8) se poate construi diagrama funcționării sistemului în planul fazelor (fig. 9).

În baza condițiilor inițiale se determină punctul în care funcționează sistemul în momentul inițial precum și valoarea constantei de integrare K, valoare care determină scara curbei. S-a arătat că dacă timpul crește, punctul de funcționare se mișcă pe curbă apropiindu-se de origină. Se copiază curba $\dot{E} = f(E)$ la scara care rezultă, începînd din punctul de funcționare găsit spre origină, pînă în punctul care corespunde valorii erorii care comandă schimbarea poziției releului, adică pînă în punctul 2 din fig. 9. Se stabilesc valorile care caracterizează noul punct de funcționare ținînd seamă că D și-a schimbat semnul. Se determină noua constantă de integrare și noua poziție a punctului de funcționare pe curba din fig. 8. Se trasează ca mai sus, în continuare următoarea porțiune de curbă din diagrama de funcționare din planul fazelor.

În fig. 9 este reprezentată o diagramă tipică pentru sistemele fără poli în origină, cu releu bipozițional cu histerezis. Se vede că se ajunge la o funcționare ciclică. Eroarea sistemului este cu atît mai mică, cu cît frecvența anclanșărilor este mai mare.

Reprezentarea diagramelor de funcționare din planul fazelor pentru sistemele cu releu tripozițional (cu zonă moartă) permite să se tragă asupra comportării dinamice, concluzii interesante, mai ales pentru sistemele de urmărire.

În fig. 10 se arată trei diagrame posibile. (S-a neglijat histerezisul). Fig. 10, *a* se referă la un servomecanism fără frînare, în zona moartă (coasting). Corecția se face cu un număr mare de conectări și depășiri (overshoot-uri) repetate din cauză că în zona moartă elementul de execuție (de obicei motor serie) nu se frînează

suficient de repede și continuă să aplice corecția pînă la apariția unei erori în sens opus. La regulatoarele de procese această diagramă corespunde unei inerții mari a elementului reglat. Deoarece această inerție nu poate fi modificată, la regulatoarele de procese se introduce uneori o reacție sub forma unei false erori, care să

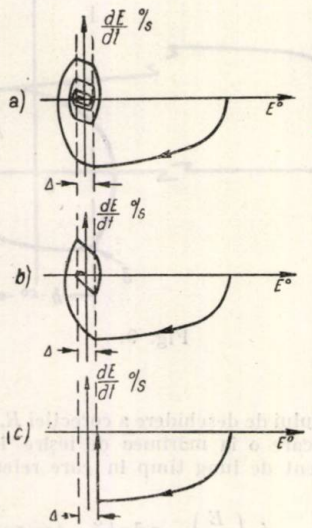


Fig. 10.

impună declanșarea releului înainte ca eroarea reală să atingă valoarea necesară. La sistemele de urmărire se introduce o frînare în zona moartă.

În fig. 10, *b* se arată un sistem cu frînare dinamică în zona moartă (dynamic braking). Se vede că prin introducerea frînării în zona moartă derivata erorii scade rapid în zona moartă (echivalînd cu o scădere a constantei de timp a sistemului) și scade numărul de anclanșări necesar pentru corecție.

În fig. 10, *c* se prezintă sistemul ideal cu cel mai scurt timp de desfășurare a procesului tranzitoriu. Cînd sistemul intră în zona moartă, servomotorul se oprește brusc. Un asemenea timp de dezaccelerare practic nul se realizează, de exemplu, cu o frînă mecanică care se încleștează pe axa servomotorului. Se spune că sistemul este complet frînat în zona moartă (clamping).

Se vede că comportarea sistemului în zona moartă este esențială pentru funcționarea sistemului. Realizarea unui regim cît mai asemănător celui din fig. 10, *c* poate fi socotită ca optimizarea sistemului. Aprofundarea problemei a condus la utilizarea rețelelor de corecție neliniare, în special folosind diode [1].

Există și alte metode de studiere a sistemelor tip releu oarecum echivalente cu reprezentarea în planul fazelor arătate mai sus. Unele din acestea prezintă avantaje la aplicarea în practică. Sînt de menționat metoda lui ȚÎPKIN și metoda lui HAMEL care au o utilizare largă în proiectare [2,3].

4.5. *Metode particulare.* Pentru studierea diferitelor cazuri particulare de sisteme tip releu, în tehnică s-au dezvoltat unele metode de proiectare mai sugestive și mai ușor de aplicat. Ca exemplificare se prezintă metoda lui CEREPANOV A. I. pentru îmbunătățirea preciziei unui sistem tip releu prin introducerea în procesul de reglare a unei temporizări a conectărilor și deconectărilor [13]. Acest fel de sisteme de reglare [12,13,14] este indicat pentru controlul proceselor cu inerție mare, cum ar fi încălzirea cuptoarelor. Reacția de temporizare a conectărilor se utilizează atît în regulatoarele tip releu oarbe, cît și în potențiometrele automate destinate reglării. La acestea, reacția se poate adăuga ca un mic dispozitiv suplimentar care îmbunătățește precizia de reglare.

Presupunem că releul din bucla amplificării directe este bipozițional și cu histerezis nul. Fie θ_0 temperatura reglată. În fig. 11 s-a trasat cu linie plină deviația reală de temperatură, adică curba care ar corespunde cantității de căldură pe care a primit-o cuptorul, și cu linie întreruptă temperatura măsurată de traductor. Datorită inerției cuptorului, aceste curbe sînt decalate cu un timp Δt. În fig. 11 se vede că releul conectează alimentarea cuptorului la timpul $t = 0$ cînd temperatura măsurată scade sub θ_0 iar temperatura reală este ($\theta_0 - -\Delta\theta_{m-}$). Temperatura reală începe să crească, depășește θ_0, dar releul declanșează abia cînd temperatura reală devine $\theta_0 + \Delta\theta_{m+}$.

$\Delta\theta_+$ creșterea reală a temperaturii termostatului produsă după conectarea releului (deci alimentarea cuptorului), un timp Δt, este:

$$\Delta\theta_+ = \Delta t \frac{Q_+ - Q_-}{C} . \qquad (35)$$

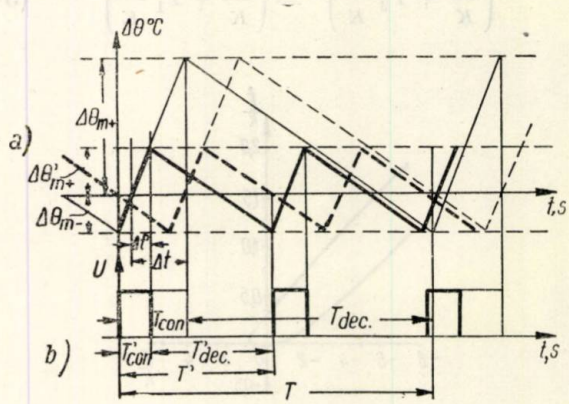


Fig. 11.

Unde Q_+ este debitul de căldură primit de cuptor, Q_- debitul de căldură pierdut de cuptor, iar C capacitatea calorifică a instalației. În timpul deconectării releului se produce o scădere a temperaturii $\Delta\theta_-$

$$\Delta\theta_- = \Delta t \frac{Q_-}{C} . \qquad (36)$$

Scriind raporturile de asemănare pentru triunghiurile formate în fig. 11 se deduce uşor :

$$\frac{T_{con}}{\Delta t} = \frac{\Delta\theta_{m+} + \Delta\theta_{m-}}{\Delta\theta_{m+}} \quad (37)$$

unde $\Delta\theta_{m+}$ şi $\Delta\theta_{m-}$ sînt abaterile maxime ale temperaturii faţă de valoarea reglată, iar T_{con} timpul cît releul ţine conectată alimentarea cuptorului.

Înlocuind (35) şi (36) în (37) se obţine :

$$T_{con} = \Delta t \frac{Q_+}{Q_+ - Q_-}. \quad (38)$$

Prin introducerea unei temporizări, releul deconectează alimentarea cuptorului după un timp T'_{con} (curba groasă) înainte ca temperatura măsurată să depăşească θ_0, cînd temperatura reală este $\theta_0 + \Delta\theta'_{m+}$. Efectul acestei reacţii este ca şi cum ar scădea inerţia instalaţiei astfel încît ar corespunde unul defazaj între temperatura reală şi cea măsurată de $\Delta t'$.

Din fig. 11 se vede că :

$$T'_{con} = T_{con} - \Delta t + \Delta t'$$

$$T'_{con} = \Delta t \frac{Q_+}{Q_+ - Q_-} - \Delta t + \Delta t' \quad (39)$$

care se poate scrie şi sub forma :

$$T'_{con} = \Delta t' \frac{Q_+}{Q_+ - Q_-} + (\Delta t - \Delta t') \frac{Q_-}{Q_+ - Q_-}. \quad (40)$$

Pentru a prezenta rezultatele obţinute sub forma unor curbe standard se introduc următorii parametrii nedimensionali ;

n factorul fluxului de căldură (cratnosti pritoka)

$$n = \frac{Q_+}{Q_-} \quad (41)$$

K factorul de corecţie al abaterii temperaturii

$$K = \frac{\Delta t}{\Delta t'} = \frac{\Delta\theta_{m+}}{\Delta\theta'_{m+}} \quad (42)$$

$T_{con\,n}$ timpul de conectare corectat de reacţie raportat la timpul de întîrziere al instalaţiei

$$T_{con\cdot n} = \frac{T'_{con}}{\Delta t}, \quad (43)$$

$T_{dec\,n}$ — timpul de deconectare corectat de reacţie raportat la timpul de întîrziere al instalaţiei

$$T_{dec\cdot n} = \frac{T'_{dec}}{\Delta t} \quad (44)$$

T_n — perioada de anclanşare a instalaţiei cu reacţie, raportată la timpul de întîrziere

$$T_n = \frac{T'_{con} + T'_{dec}}{\Delta t}. \quad (45)$$

Ţinînd seamă de notările de mai sus, din expresia (40) se vede că timpul de conectare raportat este o funcţie de K şi n-

$$T_{con\cdot n} = f_{con}(K, n). \quad (46)$$

Analog

$$T_{dec.n} = f_{dec}(K, n) \quad (47)$$

şi

$$T_n = f_{con}(K, n) + f_{dec}(K, n) = f(K, n). \quad (48)$$

Relaţiile (46...48) se dau grafic.

În fig. 12 se reprezintă relaţia (48). În cazurile practice se dă sistemul fără reacţie deci căruia i se cunoaşte sau i se

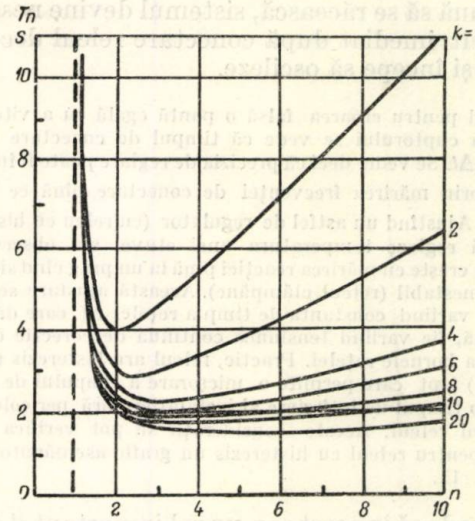


Fig. 12.

poate măsura $n = \frac{Q_+}{Q_-}$, Δt, $\Delta\theta_{m+}$, $\Delta\theta_{m-}$, şi T perioada de anclanşare fără reacţie. Se impune realizarea unei abateri micşorate $\Delta\theta'_{m+}$ şi se cere ca în aceste condiţii să se afle T'_{con} şi T'_{dec} şi perioada de anclanşare a releului. Pentru aceasta se calculează K şi din relaţiile (46) şi (47) se deduc datele cerute.

Se remarcă pe curba din fig. 11 că îmbunătăţirea reglării se obţine nu numai modificînd regulatorul dar şi modificînd instalaţia reglată. Astfel micşorînd panta dreptei de răcire (îmbunătăţind izolarea termică a cuptorului) reglarea se îmbunătăţeşte şi θ_{m-} scade.

În cazul de faţă corecţia a fost aplicată numai pentru micşorarea abaterii pozitive a temperaturii. O teorie asemănătoare se poate face pentru cazul cînd corecţia se face şi pentru abaterile negative [15].

În literatură se dau indicaţii privind realizarea acestei reacţii prin temporizarea releului cu un bimetal [14], cu dispozitive electromecanice [13], etc. Se dau şi metode de calculare a timpilor de conectare şi deconectare în cursul proceselor tranzitorii [13].

În regulatoarele electronice o reacţie asemănătoare se realizează cu reţele RC în felul următor [4, 5] : cînd releul este acţionat, aplică o tensiune continuă la bornele unei reţele $R.C.$ Tensiunea care apare la bornele capacităţii creşte încet în timp şi constituie o falsă eroare care se însumează cu eroarea măsurată (curba

punctată din fig. 11) şi semnalizează creşterea temperaturii grăbind comanda de deconectare a instalaţiei. Acest semnal (în ipoteza unei bune liniarităţi a relaţiei *RC*) poate fi caracterizat cel mai sugestiv prin viteza de creştere (scoresti sviasi). Din fig. 11 se vede că dacă panta acestui semnal fals indicînd o creştere a temperaturii devine mai mare decît panta temperaturii măsurate care semnalizează că cuptorul continuă să se răcească, sistemul devine nestabil, întrucît imediat după conectare releul deconectează şi începe să oscileze.

Luînd pentru eroarea falsă o pantă egală cu a vitezei de răcire a cuptorului se vede că timpul de conectare devine egal cu Δt. Se vede deci că precizia de reglare poate fi îmbunătăţită prin mărirea frecvenţei de conectare pînă ce $T'_{con} = \Delta t$. Ajustînd un astfel de regulator (cu releu cu histerezis mic) să regleze temperatura unei etuve, s-a observat că precizia creşte cu mărirea reacţiei pînă la un prag cînd sistemul devine nestabil (releul clămpăne). Această ajustare se poate face fie variind constanta de timp a reţelei *RC* care dă eroarea falsă, fie variind tensiunea continuă de corecţie care se aplică la bornele reţelei. Practic, releul are histerezis (uneori reglabil) fapt care permite o micşorare a timpului de conectare sub timpul de întîrziere al instalaţiei, fără pericolul de a clămpăni releul. Aceste consideraţii se pot verifica uşor făcînd pentru releul cu histerezis un grafic asemănător celui din fig. 11.

Se vede că în acest caz, un rol important îl joacă şi panta de scădere a erorii false după deconectarea releului. Această pantă poate fi reglată variind constanta RC. Este de remarcat faptul că sistemele de tip releu cu semnal de reacţie de tipul falsă eroare şi histerezis, pentru o eroare constantă basculează pe o frecvenţă joasă, funcţie de panta erorii false şi histerezisul releului. Această frecvenţă este mai mare decît frecvenţa de reanclanşare în funcţionare normală, atunci cînd eroarea prezintă o pantă de semn contrar.

Sînt cazuri, în special la montajele cu tranzistoare [16], cînd se preferă ca prin reacţie în loc să se adauge un semnal fals să se scadă amplificarea sistemului pînă ce semnalul de comandă al releului intră în zona moartă [16].

5. Încheiere

Regulatoarele de tip releu cu reacţie au cîştigat o utilizare largă în special la automatizarea proceselor industriale. Regulatoarele sovietice tip ERT şi ERŞ proiectate de VTI şi regulatoarele RB4 [17] proiectate de IAT AN SSSR rivalizează din punctul de vedere al performanţelor asigurate cu cele mai bune regulatoare de tip continuu.

Utilizarea tranzistoarelor în etajele finale ale regulatoarelor a ridicat problema măririi puterii comandate la o putere disipată dată (limitată de puterea tranzistoarelor), problemă care este soluţionată de funcţionarea releu. Astfel, în literatura tehnică, alături de date privind construcţia de noi relee electromagnetice cu sensibilitate mărită, neutru oscilant, etc [1], au apărut multe articole despre trighere cu tranzistoare sau cu tranzistoare şi amplificatoare magnetice destinate sistemelor de reglare tip releu. Literatura germană cuprinde date privind folosirea regimului releu în etajele de putere cu tranzistoare din regulatoarele destinate fenomenelor rapid variabile, regulatoare la care se realizează o mărime de execuţie cuazicontinuă [18]. La aceste regulatoare reacţia se efectuează la etajele funcţionînd în regim de releu. Şi acest tip de regulatoare impun pentru funcţionare existenţa histerezisului.

Nu trebuie să se piardă din vedere faptul bine cunoscut automaticienilor că precizia sistemului pe reglare depinde nu numai de precizia regulatorului ci şi de calitatea instalaţiei automatizate şi a felului cum s-a „acordat" regulatorul pe instalaţie, uneori fiind chiar raţional ca pentru îmbunătăţirea reglării să se modifice instalaţia automatizată (de exemplu, în cazul unui cuptor electric, să se îmbunătăţească izolaţia termică sau să se schimbe raportul între puterea transmisă direct cuptorului şi puterea comandată de regulator).

BIBLIOGRAFIE

[1] KOCHENBURGER R. J., *Contactors and Relays* din cartea Control Egineers 'Handbook, editată de Truxal J. G., New York, Mc. Graw Hill, 1958, part. 10, 42 pag. cu fig. 21 ref. bibl.

[2] ŢÎPKIN IA. Z., *Teoriia releinîh sistem avtomaticeskovo regulirovaniia*, Moscova Gosudarstvennoe izdatelistvo tehniko-teoreticeskoi literaturî, 1955, 456 pag., 249 fig., cca. 214 ref bibl.

[3] GILLE JEAN CHARLES, *Determination des oscillations libres des asservissements par plus ou moin.* Automazione e Strumentazione, vol. **VIII** (1960), nr. 1 (ian), pag. 3—10, 17 fig., 6 ref. bibl.

[4] MIRONOV V. D. şi ŞTEFANI E. R., *Electronnie avtomaticeskie reguliatorî, teplovîh professov.* Moscova' Gosenergoizdat, 1955, pag. 33—45, 48—65, 118—162.

[5] KOŞARSKII B. D., *Spravocnik po izmeritelnîm priboram i reguliatoram teplovîh professov*, Moscova — Leningrad Gosenergoizdat, 1955, pag. 256—278.

[6] CHESTNUT H. şi MAYER R. W., *Servomechanism and regulating system design*, vol. **II**, New York, John Wiley & Sons 1955, pag. 215 — 241—274, 322——332.

[7] STANLEY K. CHAO,, *Design of a Contactor Servo Using Describing Function Theory and Discussion*, AIEE Transactions, Part II Application and Industry, vol. **75** (1956), pag. 223—233, 18 fig., 21 ref. bibl.

[8] ŢÎPKIN IA. Z. *Ciastotnîe harakteristiki releinîh slediaşcih sistem.* Avtomatika i telemehanika, vol **20** (1959), nr. 12. (dec), pag. 1603 — 1610, 8 fig., 5 ref. bibl.

[9] TRUXAL J. G., *Sintez sistem Avtomaticeskovo regulirovaniia* Moscova, Maşghiz 1959, pag. 523—614.

[10] GORSKAIA N. S., *Vlianie skorostnoi sviazi na dinamikii releinovo servomehanizma nahodiaşcevosia pod nagruzkoi*, Avtomatika i telemehanika, vol. **21** (1960), nr. 5 pag. 601—614, 10 fig., 8 ref. bibl.

[11] ANOSOV D. V., *Ob ustoicivosti polojenii ravnovesiia releinîh sistem*, Avtomatika i telemehanika, vol. **20** (1959), nr. 2 (febr), pag. 135—149, 7 fig. 3 ref. bibl.

[12] DILIGHENSKII S. N., *Stabilizaţia releinih slediaşcih sistem po polojeniiu.* Avtomatika i telemehanika, Sbornik, Moscova, Izdatelistvo Akademii Nauk SSSR, 1958, pag. 5 — 20, 7 fig., 5 ref. bibl.
[13] CEREPANOV A. I. *Ob ulucişenii kacestva dvuh poziţionnovo regulirovaniia.* Avtomatika i telemehanika, vol. **19** (1958), nr. 5 (mai), pag. 471—474, 4 fig., 3 ref. bibl.
[14] CEREPANOV A. I., — *Novii dvuhpoziţionnîi reguliator temperaturî i termoelektriceskoi korrekţiei,* Priborostroenie 1959, nr. 12 (dec.), pag. 19—20, 2 fig. 4 ref. bibl.
[15] CRĂCIUNOIU V. *Documentaţie ICPET.*
[16] KONEV IU. I. *Poluprovodnikovie usiliteli dlia slediaşcih sistem,* din cartea editată de Fedotov Ia. A., Poluprovodnikovîe priborî i ih primenenie, vol. **3**, Moscova, Izdatelistvo Sovetskoe Radio, 1958, pag. 220—226.
[17] KRUG E. K. şi MININA O. M. *Beskontaktnie electriceskie reguliatorî,* Priborostroenie 1959, nr. 3 (mart.) Capitolul Izodromnîi reguliator bes obratnoisviazi po polojeniiu reguliruiuşcevo organa tipa RB—5 pag. 11—13, 2 fig.
[18] KESSLER C., *Ein Transistor zweipunktregler,* Regelungstechnik. vol. **6** (1958), nr. 1 (ian) pag. 20—23, 20 fig., 5 ref. bibl.

CONSTANTIN TOMA *

Sudarea prin cusătură cu comandă electronică

Pentru sudarea a două table din oţel moale într-un punct, se foloseşte metoda de sudare electrică prin contact. Tablele *1* (fig. 1, *a*) se fixează între electrozii cilindrici *2*, care exercită asupra locului de sudură o presiune *p* datorită forţelor *F* cu care sînt apăsaţi electrozii. Cînd prin cei doi electrozi şi piese trece un curent electric *I*, pentru un timp determinat, la locul de contact al celor două table, se produce încălzirea şi topirea materialului. Presiunea *p* contribuie la realizarea sudurii în punctul respectiv.

Dacă în locul celor doi electrozi cilindrici, se folosesc două discuri de cupru (fig. 1, *b*) ce se rotesc şi produc deplasarea materialului cu viteza *v*, la trecerea curentului *I* se realizează o sudură după linia descrisă de role

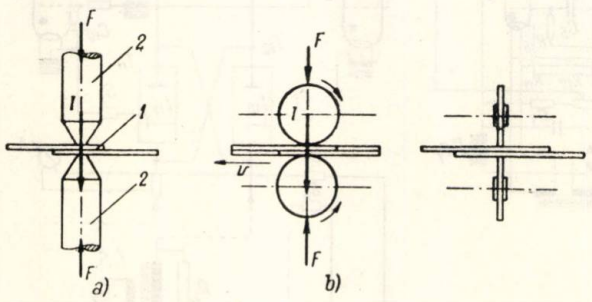


Fig. 1.

pe table. Această sudură nu se poate realiza în condiţii bune, în cazul cînd curentul de sudare circulă încontinuu prin piesele de sudat. Variaţia inerentă a tensiunii de reţea, produce defecte locale în material şi deteriorează electrozii. Dacă se procedează la întreruperea periodică a curentului, care ia forma unor impulsuri egale, distanţate de pauze de curent egale între ele, aşa cum se arată în figura *2*, pe linia de deplasare a rolelor apare o succesiune de puncte sudate, realizîndu-se o sudură prin cusătură.

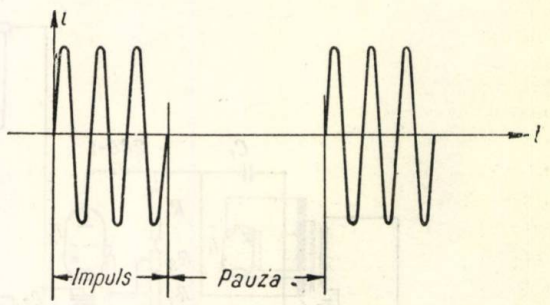


Fig. 2.

Maşina pentru sudare care se descrie în articolul de faţă, foloseşte tocmai această metodă de sudare prin cusătură şi prezintă interes pentru faptul că are realizată comanda curentului de sudare, pe cale electrotehnică. Această comandă se referă la durata impulsului de curent a pauzei şi la intensitatea curentului. Maşina în ansamblu este foarte utilă în fabricile constructoare de maşini, pentru calitatea sudurii realizate şi pentru productivitatea ridicată, aşa cum se va arăta mai departe. În continuare se va face o descriere sumară a maşinii propriu-zise pentru sudare, după care se va descrie schema electronică de comandă.

Maşina pentru sudare prin cusătură cu comandă electronică tip M.Ş.P. 150-1

În figura 3 recunoaştem electrozii discuri *1* şi *2* între care se fixează tablele ce urmează a se suda.

Rolele *1* şi *2* sînt fixate pe două axe din cupru ce se pot roti în lagărele *3* şi *4*. Mişcarea de rotaţie este primită de axul rolei *1*, de la un electromotor fixat în interiorul maşinii.

* Ing. C. TOMA este inginer principal la Uzinele de tractoare „Ernst Thälmann" — Oraşul Stalin.

Lagărul *4* al rolei *2* este fixat de pistonul *5*, ce se poate deplasa vertical în cilindrul *6*, fiind comandat pneumatic de electrovalva *7*. Prin

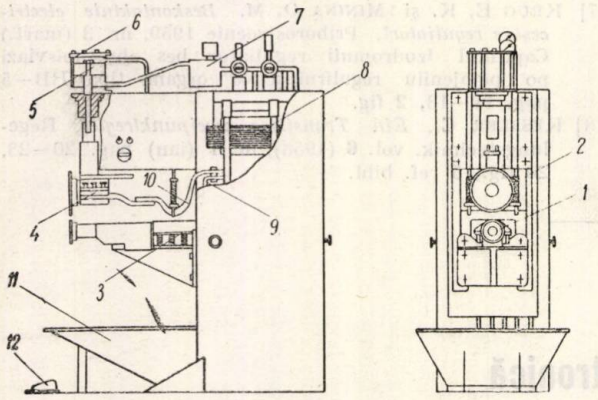


Fig. 3.

acest sistem pneumatic se aplică presiunea necesară asupra pieselor pentru sudare.

Transformatorul pentru sudare *8* este fixat în partea de sus a maşinii şi secundarul lui se leagă prin conductorul *9* la lagărul *3* şi prin conductorul flexibil *10* la lagărul *4* al maşinii.

Transformatorul, lagărele rolelor, piesele ce se sudează şi anodele ignitroanelor sînt răcite în circuit deschis cu apă, care se colectează în cuva *11* şi se dirijează la canal. Comanda maşinii se face de la pedala *12*.

Schema electronică de comandă

În schema de principiu din fig. 4, se poate urmări numai felul cum se realizează comanda curentului pentru sudare şi nu a maşinii în general — în schemă nu apare comanda electromotorului şi a electrovalvei.

Întreruperea curentului de sudare se realizează pe cale electronică prin ignitroanele T_{10} şi T_{11}, conectate antiparalel între ele şi în serie cu primarul transformatorului de sudare

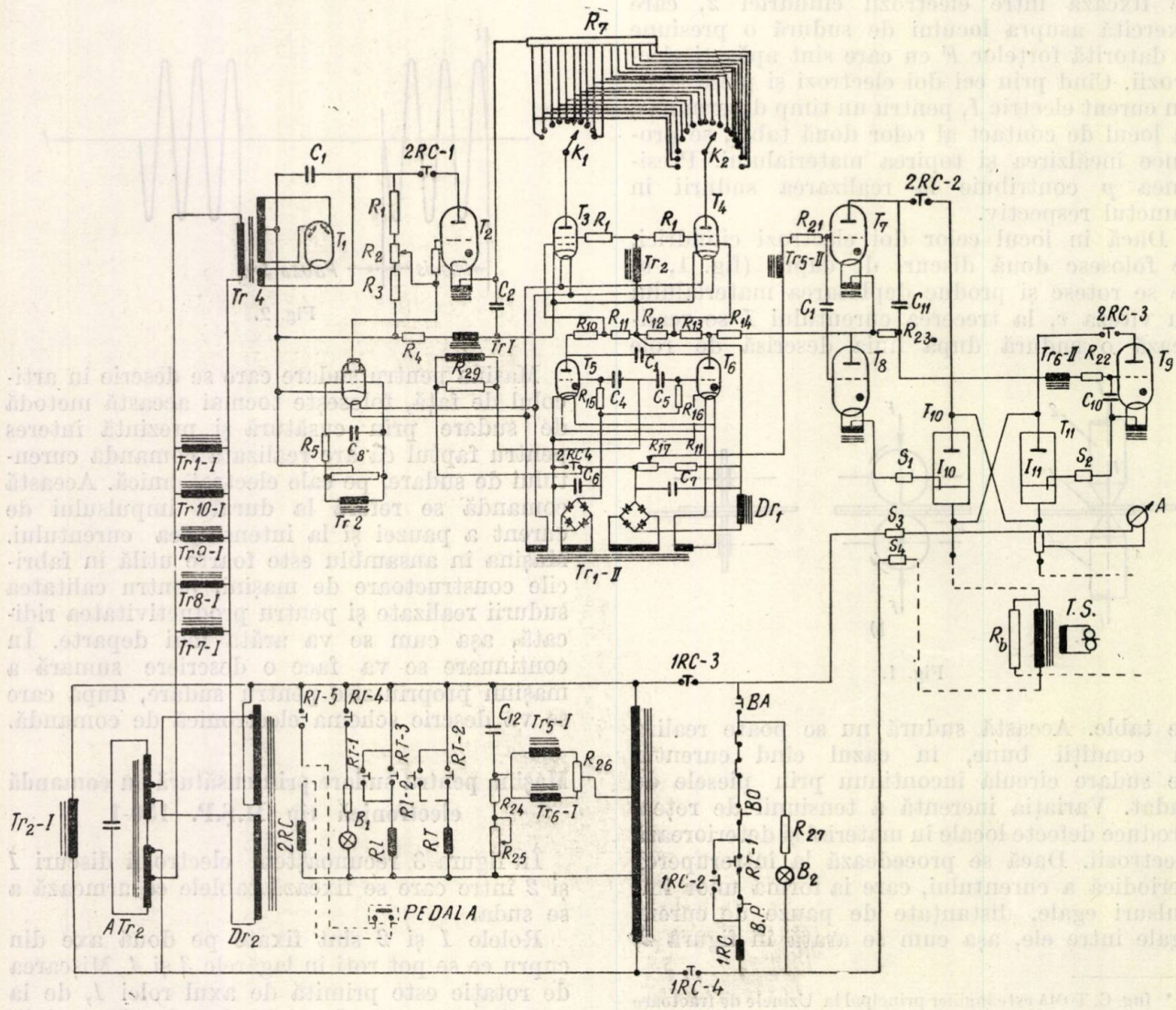


Fig. 4.

T.S. În timpul impulsului de curent, fiecare din cele două ignitroane conduce într-una din semiperioadele curentului alternativ, iar prin primarul transformatorului *T.S.* circulă un curent alternativ. În timpul pauzelor de curent, ignitroanele nu sînt excitate şi curentul nu circulă prin transformator.

Excitarea şi blocarea excitării ignitroanelor se face cu ajutorul tiratroanelor T_7, T_8 şi T_9 montate în circuitele igniterilor I_{10} şi I_{11}. Pentru obţinerea pauzei de curent, pe grila tiratronului T_7 se aplică o tensiune de negativare, suficientă pentru a impiedica aprinderea tiratronului în semiperioada cînd anoda lui se pozitivează faţă de catod, iar pe grila lui se aplică vîrfurile pozitive ale tensiunii dată de înfăşurarea *Tr 5 II*. Dacă T_7 nu se aprinde, prin igniterul I_{10} nu trece curent, iar ignitronul T_{10} nu conduce. În aceeaşi semiperioadă, condensatorul C_{11} se încarcă prin tiratronul T_8 la o tensiune egală cu amplitudinea tensiunii alternative — 380 V. Tensiunea condensatorului negativează grila tiratronului T_9, care nu se va aprinde în semiperioada următoare şi deci nu va aprinde ignitronul T_{11}.

Pe timpul impulsului de curent pentru sudare, tensiunea de negativare de pe grila tiratronului T_7 se reduce mult şi în semiperioada pozitivă pentru T_7, aprinderea tiratronului este determinată de tensiunea înfăşurării *Tr 5 II*. Prin aprinderea lui T_7, se închide circuitul igniterului I_{10} şi T_{10} conduce. În acelaşi timp, condensatorul C_{11} se descarcă prin tiratronul T_7 şi deblochează tiratronul T_9, care se va aprinde în semiperioada următoare la impulsul tensiunii aplicate de *Tr 6 II* şi va determina aprinderea ignitronului T_{11}. Ignitroanele vor conduce pe rînd, atîta timp cît grila lui T_7 rămîne deblocată.

Forma curentului prin primarul transformatorului *T.S.* este cea din fig. 5. Momentele

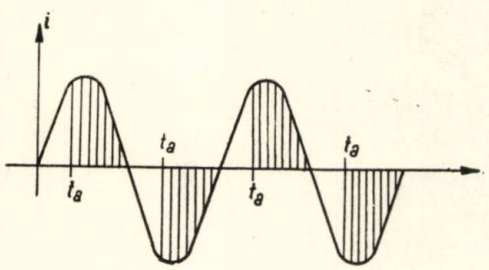


Fig. 5.

t_a, de aprindere a ignitroanelor depind în ultimă instanţă de faza tensiunilor din înfăşurările *Tr 5 II* şi *Tr 6 II*. Fazele acestor tensiuni se pot varia cu ajutorul reostatului R_{25} (fig. 4), cu ajutorul căruia se poate regla deci, intensitatea medie a curentului de sudare.

Blocarea şi deblocarea grilei tiratronului T_7 se face cu ajutorul circuitului basculant, realizat cu tiratroanele de mică putere T_5 şi T_6. Cînd T_5 conduce, T_6 este blocat şi pe grila lui T_7 se aplică tensiunea negativă de blocare. La un impuls pozitiv primit pe grila lui T_6 de la transformatorul de impulsuri *Tr I*, circuitul basculează şi T_6 conduce. Ca urmare, tubul T_7 se deblochează şi ignitroanele conduc. Cele două poziţii de echilibru electric ale circuitului basculant, corespund pauzei şi impulsului curentului de sudare.

Impulsurile de tensiune necesare basculării se primesc prin transformatorul de impulsuri de la generatorul de relaxare realizat cu tuburile T_1, T_2, T_3 şi T_4.

Tubul T_1 menţine condensatorul C_1 încărcat cu 600 V. Condensatorul C_2 se încarcă de la C_1 prin tiratronul T_2 şi transformatorul *Tr I*, pînă cînd tensiunea anod-catod a tiratronului T_2 atinge valoarea tensiunii lui de stingere. Condensatorul C_2 se descarcă apoi prin rezistenţa R_7 şi unul din tuburile T_3 sau T_4, în funcţie de negativarea primită de acestea de la circuitul basculant. Descărcarea continuă pînă cînd tensiunea anod-catod a tiratronului T_2 atinge valoarea tensiunii lui de aprindere, cînd C_2 se încarcă din nou şi se trimite un nou impuls prin transformatorul de impulsuri. Aprinderea şi stingerea tiratronului T_2 se sincronizează cu tensiunea de reţea cu ajutorul tubului electronic T_{12} ce modulează tensiunea aplicată la grila lui T_2 cu o tensiune de frecvenţa reţelei.

Timpul de descărcare al condensatorului C_2 prin R_4, K_1 şi T_3, corespunde duratei impulsului de curent, iar cel de descărcare prin R_7, K_2 şi tubul T_4, corespunde timpului pauzei de curent. Timpii de impuls şi pauză se pot regla cu ajutorul comutatoarelor K_1 şi K_2.

Pe schemă se poate vedea că tensiunea de alimentare a filamentelor tuburilor electronice — cu excepţia lui T_{12} — şi tensiunile anodice din circuitele de basculare şi relaxare sînt stabilizate cu ajutorul unui stabilizator ferorezonant, ce asigură o variaţie a tensiunii nominale cu mai puţin de 1% pentru variaţii de — 25% la +10% a tensiunii de reţea.

Maşina este alimentată de la reţeaua de curent alternativ cu 380 V. Dacă apa de răcire are presiune suficientă, întreruptorul *BA* este închis şi lampa B_2 se aprinde. Pentru pornirea maşinii, se apasă pe butonul de pornire *BP*, care închide circuitul releului de comandă *1RC*. Prin contactele acestuia, se aplică tensiune transformatoarelor ce alimentează filamentele tiratroanelor şi lămpile din circuitele de comandă. Totodată, releul de timp *RT* intră în funcţiune, şi, după 5 minute, cînd filamentele tiratroanelor sînt încălzite, închide circuitul releului *RI*, ale cărui contacte pregătesc circuitul releului *2 RC* şi aprind lampa B_1 care semnalizează că maşina este gata pentru sudare. Comandarea maşinii se face în trei etape de la pedala de comandă. La prima apăsare pe

pedală, se acţionează electrovalva care coboară rola *2* şi strînge piesa pentru sudare; la a doua apăsare se cuplează electromotorul ce acţionează rolele şi se închide circuitul de comandă a ignitroanelor prin contactele releului *2 RC*, declanşînd procesul de sudare; la a treia comandă, trecerea curentului de sudare încetează, electromotorul se opreşte iar rola *2* se ridică.

Posibilităţile de utilizare ale maşinii

Maşina pentru sudare în ansamblu are următoarele caracteristici tehnice:

- tensiunea primară la transformator 380 V
- puterea 150 KVA
- durata relativă de funcţionare 50%
- tensiunea secundară 4 ÷ 6,5 V
- deschiderea utilă 800 mm
- cursa maximă a rolei superioare de sudare 55 mm
- viteza nominală de sudare 0,5—1,5 m/min
- grosimea totală de sudat pentru oţeluri carbon de la 0,5+0,5 la 2 + 2 mm
- presiunea necesară a aerului comprimat 5 kgf/cm²
- durata impulsului pentru sudare 0,02—0,2 s
- durata pauzei de curent 0,02—0,34 s
- limitele de reglare a puterii 40—100%

Aceste caracteristici permit utilizarea maşinii pentru sudarea pieselor confecţionate din tablă de oţel moale de dimensiuni cuprinse în limitele indicate, realizîndu-se o sudură uniformă şi de calitate.

La Uzinele de tractoare „Ernst Thälmann" din Oraşul Stalin, această maşină se foloseşte la sudarea mai multor piese de tractor, printre care rezervorul de motorină, rezervorul de benzină şi compartimentele de sus şi de jos. Sudarea acestor repere s-a executat iniţial autogen, astfel încît avem posibilitatea comparării celor două metode din punct de vedere al productivităţii. Tabela 1 prezintă creşterea

Tabela 1

Denumirea piesei	Timp sudare autogenă	Timp sudare cu maşina	Creşterea productivităţii
Rezervor de motorină	45 min	37 min	21%
Rezervor de benzină	15 min	3,5 min	328%
Compartiment de sus	20 min	6,5 min	207%

productivităţii muncii pentru fiecare piesă în parte, la trecerea de la o metodă la alta. La rezervorul de motorină, creşterea mică a productivităţii muncii, se datoreşte faptului că la executarea sudurii sînt necesari 2 muncitori în loc de unul, piesa fiind greu de manipulat.

La avantajul creşterii productivităţii se mai adaugă uniformitatea şi calitatea sudurii care nu mai necesită ajustare ulterioară şi preţul redus al curentului electric faţă de oxigen şi acetilenă.

Avantajele arătate mai sus ne conduc la concluzia că în toate cazurile cînd este necesar a se suda repere din table de oţel moale este oportun a se utiliza maşina descrisă sau tipuri de maşini similare, cu comandă electronică a curentului de sudare.

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621—523.8 : 621—533.65

ŞARLEA, I. :

Изодромный электронный регулятор типа IR—130

Automatica şi electronica, 4 (1960) № 5, стр. 193—201.

Представлена техническая характеристика регулятора, области применения, принцип работы и составные части.

ДК 621.398

TUDOROIU, V. :

О методах селекции рассеянных объектов

Automatica şi electronica, 4 (1960) № 5, стр. 202—207.

Анализируются методы селекции рассеянных объектов, причем выводятся заключения о выборе применяемой системы.

ДК 681.142—523.8

TĂNĂSESCU, T. :

Электронные машины для аналогичных вычислений и их сравнение с электронными машинами для цифровых вычислений

Automatica şi electronica, 4 (1960) № 5, стр. 207—211.

Автор пытается наметить направление в области выбора наиболее подходящего типа машины для различных категорий проблем.

ДК 621.315.592 (R)

STERE, R. :

Конструирование и применение полупроводниковых приспособлений в РНР

Automatica şi electronica, 4 (1960) № 5, стр. 211—217.

Излагаются возможности осуществления и применения в стране полупроводниковых приборов в электротехнике сильных токов, радио, технике связи, промышленной электронике, автоматике и телемеханике.

ДК 621.314.5.024 :621.314.7

ENDEŞ, I. :

Применение цифровых устройств длея нелинейных элементов зналогичных калькуляторов.

Automatica şi electronica, 4 (1960) № 5, стр. 217—222.

Обсуждается возможность конструирования функциональных трансформаторов и рассматриваются условия выполнения различных операция числеиным способом в аналогичном калькуляторе.

ДК 621.374.5

ŢINŢĂ, FL. :

Геликоидальные линии запаздывания и образования в области нано-секунд

Automatica şi electronica, 4 (1960) № 5, стр. 237—240.

ДЛЯ МОЛОДОГО ИНЖЕНЕРА

ДК 621—53

CĂLUŞIŢĂ, M. :

Регулировочные системы релейного или контактного типа

Automatica şi electronica, 4 (1960) № 5, стр. 222—226

ДК 621—523,8 : 621.791.75

TOMA, C. :

Сварка швов при помощи экектронного управления

Automatica şi electronica, 4 (1960) № 5, стр. 226—237.

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621—523.8 :621—533.65

ŞARLEA, I. :

Der PI elektronische Regler vom Typ IR—130

Automatica şi electronica, 4 (1960) H. 5, S. 193—201.

Es werden die technischen Kenndaten des Reglers dargelegt, sowie die Anwendungsgebiete, das Arbeitsprinzip und seine einzelnen Teile.

DK 621.398

TUDOROIU, V. :

Über die Selektionsverfahren von verteilten Objekten

Automatica şi electronica, 4 (1960) H. 5, S. 202—207.

Es werden die Selektionsverfahren von verteilten Objekten untersucht und Schlussfolgerungen über das zu verwendende System gezogen.

DK 681—142—523.8

TĂNĂSESCU, T. :

Elektronische Analog-Rechenmaschinen im Vergleich zu elektronischen Digital-Rechenmaschinen

Automatica şi electronica, 4 (1960) H. 5, S. 207—211.

Es wird versucht, eine Orientierung in der Wahl der passendsten Art von Rechenmaschine für verschiedene Kategorien von Problemen zu geben.

DK 621.315.592 (R)

STERE, R. :

Herstellung und Verwendung von Halbleiter-Bausteinen in der R.V.R.

Automatica şi electronica, 4 (1960) H. 5, S. 211—217.

Es wird die Möglichkeit der Herstellung und Verwendung im Inland von Halbleiter-Bausteinen für die Zwecke der Starkstromelektrotechnik, des Funk- und Fernmeldewesens, der industriellen Elektronik, der Automation und Telemechanik dargelegt.

DK 621.314.5.024 :621.314.7

ENDEŞ, I. :

Verwendung snioglichkuten Varrichtungen zur Ausführuug nichtlinearer tlemente in Anaiogrechnern.

Automatica şi electronica, 4 (1960) H. 5, S. 217—222.

Es wird die Moglichkut geprüft, Fuuktionsumformer anf Ziffernbasis zu banen, wre anch die Bedingur den zur Ausführuug verschiedener Operatinoer in cinem Analogrechuer, anf Ziffernbasis.

DK 621.374.5

ŢINŢĂ, FL. :

Schraubenförmige Verzögerungs- und Formierungsleitungen im Nanosekundengebiet

Automatica şi electronica, 4 (1960) H. 5, S. 222—226

Es wird die Verwendung von schraubenförmigen Verzögerungsleitungen im Nano sekundengebiet dargelegt.

FÜR DEN JUNGEN INGENIEUR

DK 621—53

CĂLUŞIŢĂ, M. :

Regelungssysteme vom Typ Relais oder Schalter

Automatica şi electronica, 4 (1960) H. 5, S. 226—237.

DK 621—523.8 : 621.791.75

TOMA, C. :

Elektronisch gesteuerte Nahtschweissung

Automatica şi electronica, 4 (1960) H. 5, S. 237—240

SOMMAIRE

CD 621—523.8 : 621—533.65

ŞARLEA, I. :

Le régulateur électronique PI type IR—130

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 5, p. 193—201

On présente les caractéristiques techniques du régulateur, les domaines d'utilisation, le principe de fonctionnement et les parties constitutives.

CD 621.398

TUDOROIU, V. :

Sur les méthodes de sélection des objets dispersés

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 5, p. 202—207.

On analyse les méthodes de sélection des objets dispersés en tirant des conclusions sur le système à adopter.

CD 681.142—523.8

TĂNĂSESCU, T. :

Les machines électroniques de calcul analogique par rapport aux machines électroniques de calcul numérique

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 5, p. 207—211

On essaie de tracer une orientation dans le choix du type le plus indiqué de machine pour différentes catégories de problèmes

---

CD 621.315.592 (R)

ŞTERE, R. :

Réalisation et utilisation des dispositifs semiconducteurs dans la R.P.R.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 5, p. 211—217.

On expose la possibilité de réaliser et d'utiliser dans le pays les dispositifs semiconducteurs, dans l'électrotehnique des courants forts, la radio et les télécommunications, l'électronique industrielle, l'automatique et la télémécanique.

CD 621.314.5.024 :621.314.7

ENDEŞ, I. :

Possibilités d'utilisation des dispositifs numéraux pour la réalisation des éléments non- linéaires des calculateurs analogiques.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 5, p. 217—222.

On examine la possibilité de réaliser des transformateurs fonctionnels par voie numérale ainsi que les conditions requises pour accomplir différentes opérations dans un calculateur analogue par la voie numérale.

CD 621.374.5

ŢINŢĂ, F, :

Lignes hélicoïdales de retardement et de formation dans le domaine des nanosecondes

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 5, p. 222—226.

On présente l'utilisation des lignes hélicoïdales de retardement dans le domaine des nanosecondes.

POUR LE JEUNE INGÉNIEUR

CD 621—53

CĂLUŞIŢĂ, M. :

Les systèmes de réglage du type relais ou contacteurs.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 5, p. 226—237.

CD 621—523.8 : 621.791.75

TOMA, C. :

Soudure par cordon à commande électronique

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 5, p. 237—240.

CONTENTS

DC 621—523.8 : 621—533.65

ŞARLEA, I. :

The proportional — integral electronic regulator of IR—130 type.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no, 5, p. 193—201

The technical characteristics of the regulators, the application fields, the operating principle and the constituent parts are being presented.

DC 621.398

TUDOROIU, V. :

Concerning the methods of selecting the dispersed objects.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 5, p. 202—207.

The methods of selecting the dispersed objects are analyzed, the conclusions about the system to be adopted being drawn, as well.

DC 681.142—523.8

TĂNĂSESCU, T. :

The electronic analogue computers as compared to the electronic digital computers.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 5, p. 207—211.

The author essays to give an orientation outline for the choice of the most suitable machine type for various categories of problems.

DC 621.315.592 (R)

ŞTERE, R. :

The achievement and the use of the semiconductor devices in the Rumanian People's Republic.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 5, p. 211—217

The possibility of achieving and using in our country of the semiconductor devices in the strong current electrical engineering, radio and telecommunications, industrial electronics, automatics and telemechanics — is shown.

DC 621.314.5.024 :621.314.7

ENDEŞ, I. :

Ways of utilizing the digital devices for achieving the linear elements of the analogue calculators.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 5, p. 217—222.

The possibility of achieving functional trarnsformers in digital way and the conditions for achieving various operations in an analogue calculator in digital way—are examined.

DC 621.374.5

ŢINŢĂ, FL. :

Helicoidal retardation and building lines in the field of nanoseconds.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 5, p. 222—226

The utilization of the helicoidal retardation and formation lines in the range of nanoseconds is dealt with.

FOR THE YOUNG ENGINEER

DC 621—53

CĂLUŞIŢĂ, M. :

The regulating systems, of relay or contactor type.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 5, p. 226—237

DC 621—523.8 : 621.791.75

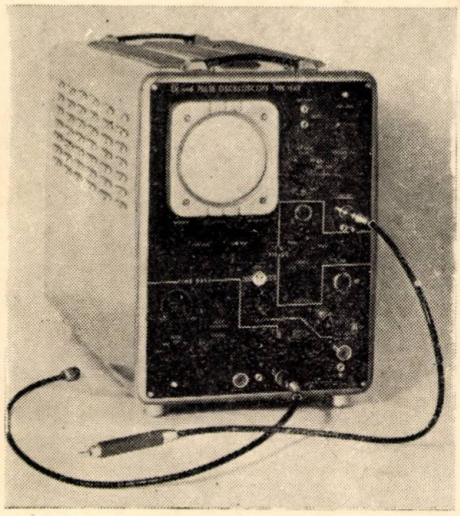
TOMA, C. :

Seam welding by electronic drive.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 5, p. 237—240

MŰSZAKI KÖNYVTÁR 1963

Osciloscop cu raze catodice pentru televiziune tip 1543/B



Osciloscopul de laborator de performanţe înalte este destinat studiului regimurilor din tehnica impulsurilor şi televiziune. Domeniul de frecvenţă 3 Hz – 10mHZ. Generator de marcaj montat în interior.

EXPORTĂ:

METRIMPEX

Întreprindere ungară de comerţ exterior pentru produsele industriei de instrumente

Adresa: BUDAPEST 62, CĂSUŢA POŞTALĂ 202, UNGARIA

Adresa telegrafică: INSTRUMENT BUDAPEST

Publicaţiile Tehnice ASIT

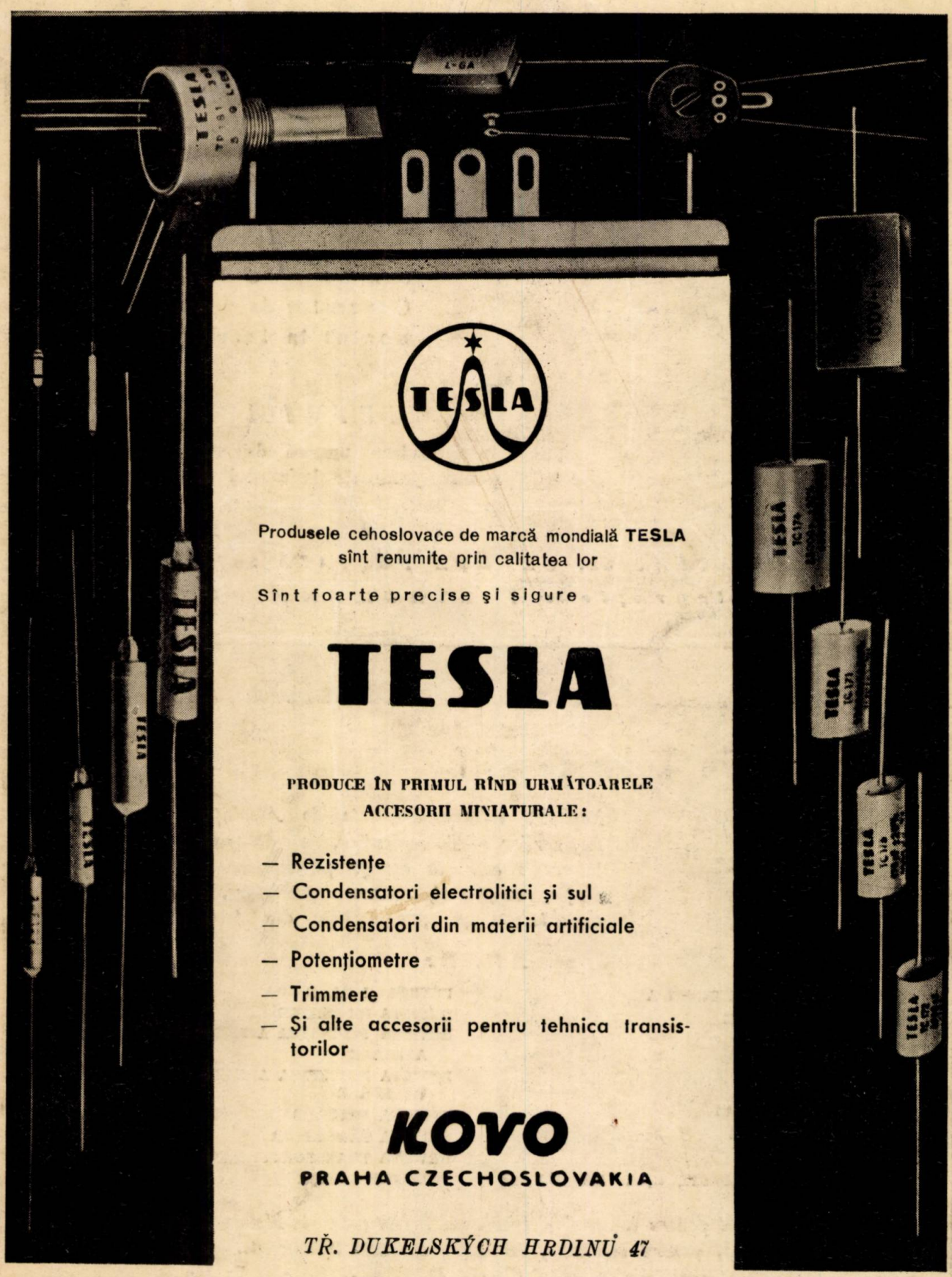
Revistele tehnice elaborate de Asociaţia Ştiinţifică a Inginerilor şi Tehnicienilor, în colaborare cu ministerele interesate aduc la cunoştinţă cadrelor tehnice din producţie, învăţământ, cercetare şi proiectare, ultimele realizări obţinute în ştiinţele tehnice din ţară şi străinătate.

APAR:

AUTOMATICA ŞI ELECTRONICA
CELULOZĂ ŞI HÎRTIE
ELECTOTEHNICA
ENERGETICA
HIDROTEHNICA
INDUSTRIA LEMNULUI
INDUSTRIA TEXTILĂ
INDUSTRIA UŞOARĂ
METALURGIA ŞI CONSTRUCŢIA DE MAŞINI
PETROL ŞI GAZE
REVISTA DE CHIMIE
REVISTA INDUSTRIA ALIMENTARĂ — PRODUSE ANIMALE
REVISTA INDUSTRIA ALIMENTARĂ — PRODUSE VEGETALE
REVISTA MINELOR
REVISTA PĂDURILOR
REVISTA TRANSPORTURILOR
TELECOMUNICAŢII

Abonamentul anual pentru ingineri şi tehnicieni lei 30 (Revista Metalurgia şi Construcţia de Maşini lei 48), pentru biblioteci, instituţii, cabinete tehnice etc. lei 100, în contul Publicaţiilor Tehnice ASIT 070124 B.R.P.R.-Filiala I. V. Stalin.

Bucureşti — Str. Ion Ghica Nr. 3 — Raionul T. Vladimirescu — Telefon 14-06-24



Produsele cehoslovace de marcă mondială **TESLA**
sînt renumite prin calitatea lor

Sînt foarte precise şi sigure

TESLA

PRODUCE ÎN PRIMUL RÎND URMĂTOARELE ACCESORII MINIATURALE:

- Rezistenţe
- Condensatori electrolitici şi sul
- Condensatori din materii artificiale
- Potenţiometre
- Trimmere
- Şi alte accesorii pentru tehnica transistorilor

KOVO

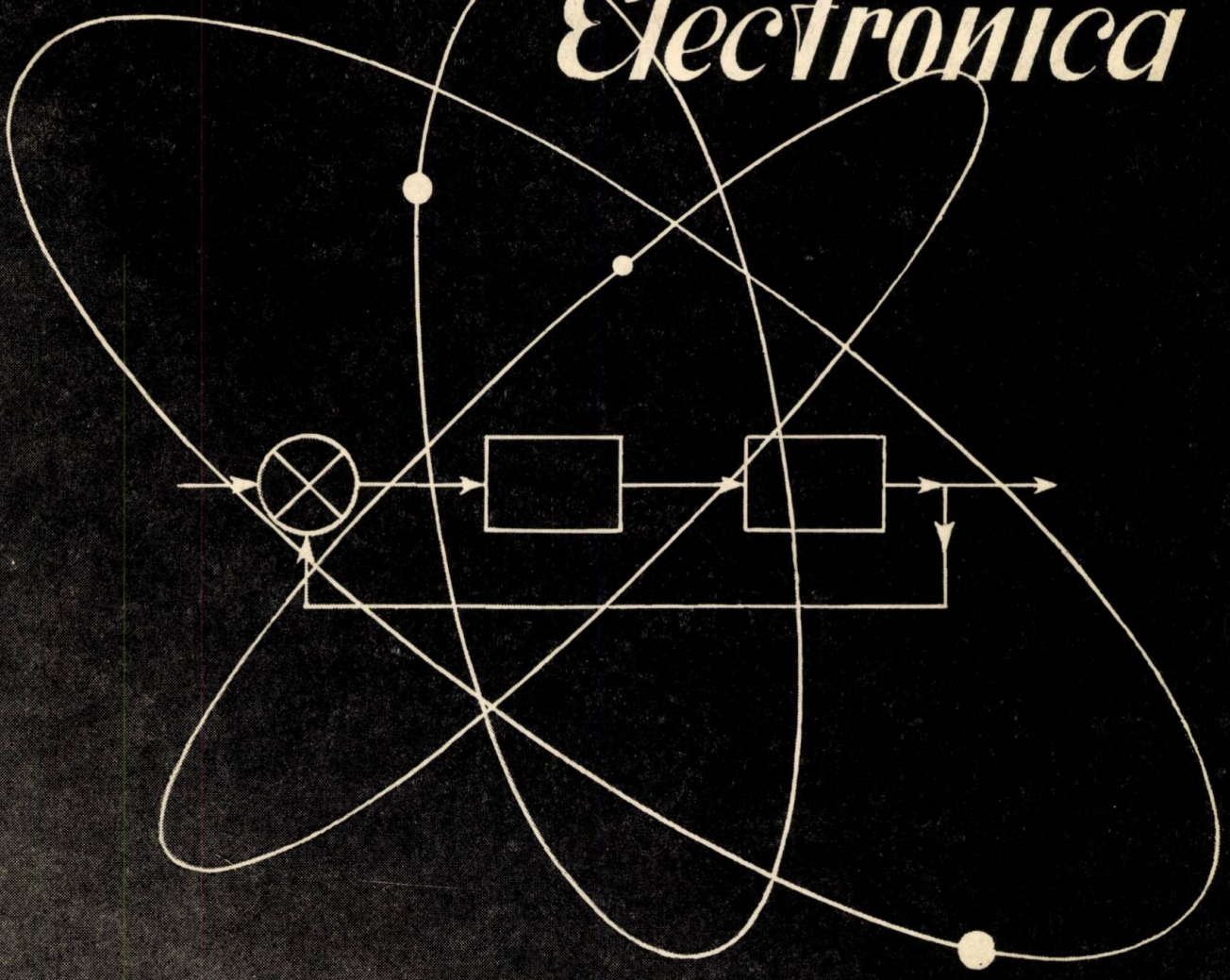
PRAHA CZECHOSLOVAKIA

TŘ. DUKELSKÝCH HRDINŮ 47

1. P. 2. c. 3156

LEI 5

Automatica și Electronica

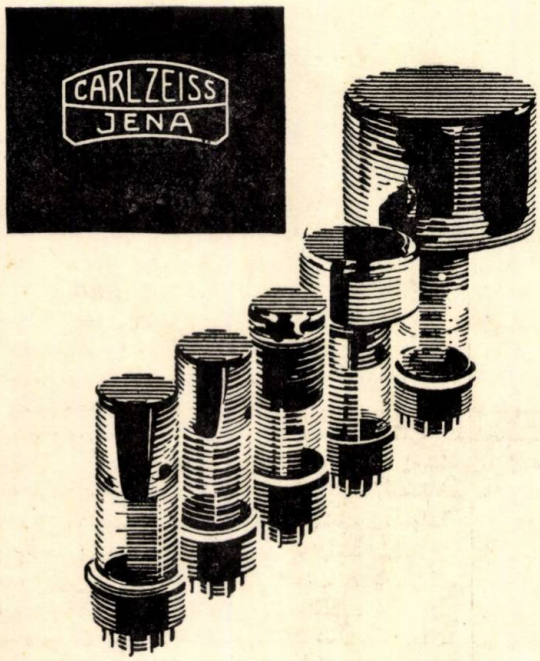


E 2551

VOL. 4
1960
Nr. 6
NOIEMBRIE
DECEMBRIE
P. 241 — 288
BUCUREȘTI

Pentru industrie, ştiinţă şi cercetare producem receptori de radiaţii de calitate înaltă

Fotoamplificatoare, Fotorezistenţe, Fotocelule, Fotoelemente



Aceste aparate de precizie au fost deja utilizate cu succes în domeniile:

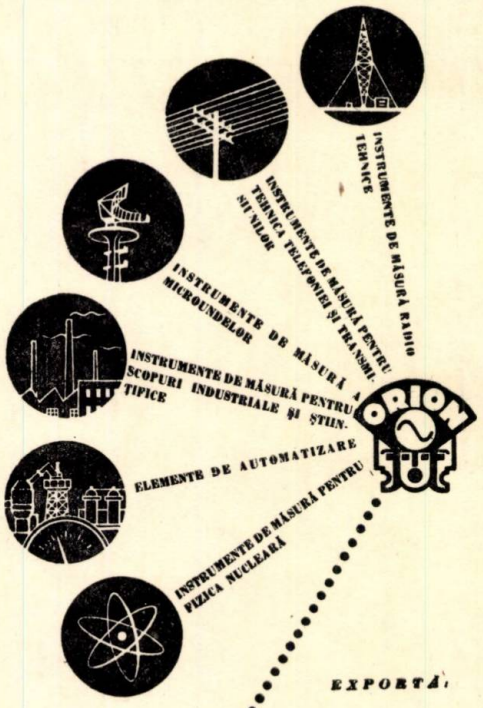
Fotometrie
Tehnica măsurării scintilaţiilor
Fizica nucleară
Automatizare
Iluminat şi tehnica luminatului

Oferim cu plăcere şi alte informaţii sub 47/Str.

VEB Carl Zeiss JENA

DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK

INSTRUMENTE DE MĂSURĂ ELECTRONICE
pentru toate ramurile ştiinţei şi industriei



METRIMPEX

ÎNTREPRINDERE UNGARĂ DE COMERŢ EXTERIOR PENTRU PRODUSELE INDUSTRIEI DE INSTRUMENTE

Adresa pentru scrisori: BUDAPESTA, CĂSUŢA POŞTALĂ 202 UNGARIA
Adresa telegrafică: INSTRUMENT BUDAPEST

A apărut volumul VII

din

Lexiconul Tehnic Romîn

— ELABORARE NOUĂ —

Volumul conţine termenii directori care încep cu litera **E — Fir**

Costul unui volum 100 lei

Vă puteţi procura acest volum, ca şi cele anterioare, la librării, difuzorii de cărţi din întreprinderi şi prin „Publicaţiile Tehnice ASIT", Bucureşti, str. Ion Ghica nr. 3, raionul Tudor Vladimirescu, cont 070 124 B.R.P.R. — filiala I. V. Stalin.

Automatica și Electronica

Vol. 4 (1960) nr. 6 (noiembrie—decembrie), p. 241—288

CUPRINS

TRAPEZNICOV, V. A.: CZ 621—52 : 33 : 061.3
Automatica și omenirea
Conferință de deschidere la primul Congres al IFAC
Automatica și electronica, 4 (1960) nr. 6, p. 241—245

LUCRĂRILE PRIMULUI CONGRES INTERNAȚIONAL DE AUTOMATICĂ

POPOV, M. V.: CZ 621—52 : 51
Teoria sistemelor continue și probleme speciale de matematică
Automatica și electronica, 4 (1960) nr. 6, p. 247—249.

TĂNĂSESCU, T.: CZ 621—53
Sistemele automate de optimalizare și auto-adaptive
Automatica, electronica, 4 (1960) nr. 6, p. 250—254

ȘTEFĂNESCU, N.: CZ 621—527
Teoria sistemelor discrete și statistice
Automatica și electronica, 4 (1960) nr. 6, p. 254—255

HĂNGĂNUȚ, M.: CZ 621.3 : 061.6(8)
O vizită la Institutul V. I. Ulianov (Lenin) din Leningrad
Automatica și electronica, 4 (1960) nr. 6, p. 255—256

DUMA, M.: CZ 621.398 : 621—519
Telemecanică și control centralizat
Automatica și electronica, 4 (1960) nr. 6, p. 256—259

NEDELCU, M.: CZ 621—527
Teoria algebrică a schemelor cu funcționare discretă.
Automatica și electronica, 4 (1960) nr. 6, p. 259—262.

TOMA, V.: CZ 681.142—523.8
Mașinile electronice de calcul
Automatica și electronica 4 (1960) nr. 6, p. 262—264.

POPOVICI, C.: CZ 681.142—523.8 : 652.6
Calculatoarele electronice în traducerile automate
Automatica și electronica, 4 (1960) nr. 6, p. 264—267.

BRÎNZEI, A.: CZ 621—525
Sisteme pneumatice și dispozitive de control și măsuri
Automatica și electronica, 4 (1960) nr. 6, p. 268—269

PENESCU, C.I.: CZ 621—52 : 621.311.21/.22
Problemele automatizării instalațiilor de forță
Automatica și electronica, 4 (1960) nr. 6, p. 270—272

DECIANU, GH.: CZ 621—52 : 669.1
Problemele de automatizare în industria siderurgică
Automatica și electronica, 4 (1960) nr. 6, p. 272—277.

SZEKELY, I.: CZ 621—52 : 66.02
Comportarea utilajelor din industria chimică în circuitele de automatizare
Automatica și electronica, 4 (1960) nr. 6, p. 277—281

TĂNĂSESCU, T.: CZ 621—42 : 621.039.8
Aplicarea radioizotopilor în automatică
Automatica și electronica, 4 (1960) nr. 6, p. 281—282

COMITETUL DE REDACȚIE

C. VAZACA (redactor responsabil), ing. P. DEAC, ing. GH. DECIANU, ing. I. PAPADACHE, prof. ing. C. I. PENESCU, ing. M. POPA, ing. S. SOCOL, conf. ing. R. STERE, ing. I. SZEKELY, prof. dr. ing. T. TĂNĂSESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R., conf. ing. L. UZUN.

Revista AUTOMATICA ȘI ELECTRONICA, organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. Editor: Asociația Științifică a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. Redacția și Administrația: București, Str. Ion Ghica Nr. 3. Raion Tudor Vladimirescu. Telefon: 14.15.95, 14.06.24. Redacția își rezervă toate drepturile privind lucrările precum și materialul grafic-ilustrativ apărut în revistă, cît și cele privitoare la traducerea în limbi străine. Se admit extrase sau comentarii numai cu indicarea completă a sursei. Revista apare o dată la două luni. Abonamentele se primesc la administrația revistei, la sediile filialelor ASIT din întreaga țară precum și la responsabilii cu presa dn cercurile ASIT. Instituțiile și întreprinderile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinete tehnice în contul nostru de virament: Publicațiile Tehnice ASIT 070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin. Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual; individual: lei 30 anual. Prețul unui exemplar: lei 5. Tiparul: Întreprinderea Poligrafică nr. 2, București.

Automatica și Electronica

REVISTĂ TEHNICO-ȘTIINȚIFICĂ DE AUTOMATICĂ, ELECTRONICĂ INDUSTRIALĂ ȘI TEHNICĂ NUCLEARĂ

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.

Vol. IV (p. 241—288) Nr. 6, noiembrie-decembrie București, 1960

V. A. TRAPEZNIKOV

Automatica și omenirea

CZ 621—52 : 33 : 061.3

Congresul nostru este dedicat problemelor de comandă automată, problemelor automatizării. Care este scopul general al automatizării? Ce poate să dea automatica omenirii? Pentru răspunsul la această întrebare să încercăm să ne reprezentăm rezultatele posibile ale automatizării, să precizăm ce influență vor avea ele asupra omului în viitor.

Primul și principalul rezultat al automatizării este mărirea considerabilă a productivității muncii. Desigur, creșterea productivității muncii și creșterea producției bunurilor materiale apar ca rezultat al progresului științific și tehnic, condiționat nu numai de automatică. Aici joacă un rol important și stăpînirea energiei termonucleare și sinteza substanțelor organice artificiale pînă la produse alimentare și realizările multor altor ramuri ale științei și tehnicii. Cu toate acestea astăzi toate ramurile științei sînt legate între ele mai strîns decît au fost vreodată și dezvoltarea lor este de neconceput fără utilizarea realizărilor automaticii. Este destul să amintim că conducerea exactă a zborurilor cosmice, fotografierea Lunii și transmiterea imaginii ei pe Pămînt, existența însăși a unor mijloace ale cercetărilor științifice atît de puternice ca sincrofazotronul au devenit posibile numai datorită realizărilor automaticii.

Cu toate acestea, automatica este încă foarte tînără. Înflorirea automaticii este problema generațiilor următoare și noi sîntem în stare să prețuim ce va da automatica oamenilor numai în planul prevederilor generale.

Automatizarea va condiționa o creștere imensă a producției nu numai pentru că ea eliberează omul de conducerea nemijlocită a mașinii și pentru că un om va putea să conducă lucrul multor agregate automatizate. Este încă mai important faptul că dezvoltarea producției de acum încolo nu va fi limitată de posibilitățile organismului uman în conducerea proceselor.

În timpul nostru, viteza proceselor tehnologice în multe cazuri este limitată de condițiile de comandă. Viteza reacțiilor omului este limitată și de aceea, astăzi, se pot folosi numai procese care decurg relativ încet.

Automatica este sortită să transforme, să modifice în mod revoluționar tehnologia celei mai mari părți a producțiilor, deoarece se vor putea comanda procese tehnologice care decurg cu viteze enorme și pe scară grandioasă. Dacă pînă acum noi am fost nevoiți să ne limităm la folosirea proceselor tehnologice stabile, prin comandă automată se vor putea folosi și procesele instabile. Va deveni posibilă comanda nu numai a rezultatelor dar și a cineticii reacțiilor.

Însușirea energiei atomice apare ca unul dintre exemplele cînd un sistem efectiv de comandă a permis să se folosească pentru binele omenirii obiecte extraordinar de periculoase. Posibilitatea de a aduce procesul tehnologic pînă la granița regimului de avarie datorită încrederii absolute în instrumentele automaticii, va permite să se folosească și astfel de procese care acum ni se par nepermise.

Scopurile automaticii pot fi atinse cînd vor fi automatizate toate nodurile procesului de producţie reglat, în toate ramurile de bază ale industriei, transportului, construcţiilor inclusiv montajul, punerea la punct, controlul, ambalarea producţiei, transportarea şi deplasarea ei pe canalele de transport al mărfurilor la beneficiar, cu alte cuvinte cînd va fi realizată automatizarea complexă la scara sistemelor conexe avînd obiecte depărtate în spaţiu, comandate prin mijloacele telemecanicii cu folosirea largă a maşinilor de calcul.

Se înţelege, omul nu va fi exclus din acest proces. Funcţiile de observare, reparare, studiu şi perfecţionare vor cere întotdeauna prezenţa lui mai mult sau mai puţin frecventă. Nu poate fi nici o îndoială că posibilităţile omului în sfera de comandă sînt foarte mari şi probabil niciodată nu vor fi întrecute de maşini sub toate raporturile. Utilizarea raţională a posibilităţilor omului în sistemele de comandă şi crearea condiţiilor prin care activitatea omului în domeniul comenzii proceselor tehnice va decurge în modul cel mai corespunzător este sarcina actuală şi nobilă a oamenilor de ştiinţă care lucrează în domeniul automaticii, fiziologiei, psihologiei, tehnologiei producţiei, ş.a.

Automatica nu numai că sporeşte rezultatele muncii, dar îi şi schimbă în mod radical caracterul ei. Deja acum într-o măsură oarecare, au fost lichidate un şir de profesii grele şi periculoase, şi acest proces se va continua. În multe cazuri este suprimată munca istovitoare a fochistului, se uşurează esenţial munca oţelarului şi a furnalistului. Privind în viitor, se poate prevedea că automatica va elibera complet omul de munca în condiţiile temperaturilor înalte, presiunilor, atmosferei vicioase sau vătămătoare. Automatica va contribui la aceea ca munca omului să devină din ce în ce mai intelectuală, să se şteargă graniţele între munca fizică şi intelectuală şi ca energia omului şi forţele lui vitale în domeniul producţiei să fie folosite într-un grad din ce în ce mai înalt, nu pentru munca fizică, ci îndreptate spre gîndirea şi realizarea noilor idei tehnice.

Mărirea productivităţii muncii şi creşterea producţiei bunurilor materiale condiţionate de automatizare, vor ridica nivelul de viaţă al populaţiei şi în viitorul apropiat vor permite să se scurteze în mod esenţial durata zilei de muncă.

Cu toate acestea, o folosire deplină a bunurilor oferite de automatizare este posibilă numai într-o societate omenească organizată raţional, unde oamenii eliberaţi ca rezultat al automatizării pot fi folosiţi efectiv. După convingerea noastră adîncă, pe care se înţelege n-o impunem nimănui, o astfel de organizare a societăţii este societatea socialistă.

O cantitate suficientă a bunurilor materiale va permite unui număr important de oameni să se ocupe de munca de cercetare ştiinţifică, de protecţia sănătăţii populaţiei şi înfrumuseţarea vieţii, adică de toate felurile de artă, şi de asemenea de construirea parcurilor, grădinilor, instalaţiilor clădirilor publice, străzilor, ş.a.

Mărirea timpului liber, a mijloacelor materiale şi posibilităţilor, va permite omului pentru prima oară în istorie să-şi îndrepte atenţia asupra lui însuşi, atenţie pe care de drept o merită. Va veni epoca îngrijirii organismului uman bazată pe mijloace ştiinţifice, raţionalizarea regimului zilei şi alimentaţiei, sportul şi profilaxia vor ocupa un loc de cinste. Va fi îndreptată o atenţie incomparabil mai mare asupra ştiinţelor medico-biologice, decît astăzi. Vom spera că succesele acestor ştiinţe vor duce la aceea că profilaxia va deveni ocupaţia principală a medicilor şi fiecare îmbolnăvire va fi privită ca un eveniment extraordinar. Automatele şi semiautomatele pentru examinarea şi înregistrarea stării organismului omenesc, pentru diagnostic, terapie, vor forma un aport important al automaticii în medicină.

Posibilităţi de neînchipuit va crea automatica pentru dezvoltarea ştiinţei. Să ne amintim de exemplu, de sarcinile măreţe ale pătrunderii în cosmos. Realizarea zborurilor interplanetare, determinate într-o mare măsură de succesele automaticii va fi probabil încă sarcina generaţiei noastre. Pătrunderea în cosmos va asigura un progres rapid a cunoştinţelor noastre, rezolvarea multor probleme de bază care duc ca un fir roşu prin întreaga istorie a ştiinţei. Problemele apariţiei vieţii, existenţa vieţii în afara Pămîntului, soarta Pămîntului ca planetă — acestea şi multe alte probleme care l-au preocupat mereu pe om vor ajunge aproape de rezolvarea lor datorită pătrunderii în cosmos şi deci datorită automaticii.

Să ne amintim de problemele biologiei, de reglarea şi comanda în organismele vii, legate nemijlocit de problema apariţiei vieţii. Aceste probleme fără îndoială vor obţine o dezvoltare rapidă de asemenea datorită folosirii metodelor automaticii. La rîndul lor, sistemele de comandă automată a proceselor tehnice se vor îmbogăţi pe seama studiului organismelor vii.

Cu dezvoltarea automaticii, într-o anumită măsură se vor schimba formele şi metodele cercetărilor ştiinţifice în multe domenii ale ştiinţei şi tehnicii. Timpul nostru se caracterizează prin dezvoltarea rapidă a procesului cunoaşterii. Se produce literalmente o reacţie în lanţ a creşterii cunoştinţelor. Cu cît ştim mai mult cu atît se deschid mai larg în faţa noastră orizonturile şi perspectivele posibilităţilor de asimilare a unor cunoştinţe noi pentru realizarea noilor cercetări şi descoperiri. Însă în legătură cu aceasta, apar şi greutăţi noi. Pe de o parte acestea sînt greutăţile păstrării unor depozite imense de informaţii şi transmiterii lor într-o formă strînsă, condensată, pe de altă parte însăşi procesul de obţinere a noilor informaţii, efectuarea noilor cercetări devin din ce în ce mai anevoioase odată cu complexitatea ştiinţei. Fie că este vorba de mii de experienţe asupra variatelor reacţiilor chimice cu scopul descoperirii noilor proprietăţi ale legăturilor chimice, fie că se are în vedere studiul ţesuturilor vii, sistemului reflexelor condiţionate, fenomenelor economice sau

altor probleme complicate—pretutindeni este necesară o cheltuială imensă de muncă pentru cunoaşterea realităţii şi încă de muncă de înaltă calificare. Şi această muncă în viitor poate fi completată în mare măsură şi în parte înlocuită de automate. Sistemele automate în care constructorul a dat numai o informaţie apriorică minimă, vor obţine informaţii în noile domenii ale cunoştinţelor. Cercetătorul, deja acum este echipat cu aparatură diferită de măsură, înregistrare şi de calcul. Pe baza specializării, cooperării şi înzestrării cu maşini şi aparatură se va desfăşura din ce în ce mai mult o adevărată „industrie" a cercetării.

Automatele care ajută cercetătorului pot fi de tipul cu autoinstruire. Ele pot învăţa automatisme de tip simplu, pentru îndeplinirea unor sarcini reduse. Cu toate acestea, în principiu nu este de loc imposibilă prelucrarea într-o măsură oarecare şi a unor deprinderi „creatoare" adică desăvîrşirea automatică a metodelor de cercetare în domenii complicate. În vremea actuală, nu se văd graniţele pentru dezvoltarea unor astfel de sisteme. Nu se poate socoti imposibilă crearea unui automat, care pe baza totalităţii datelor empirice şi încercînd diferite ipoteze să creeze teorii legate ce explică datele experienţei într-un domeniu oarecare. Între altele, o astfel de activitate astăzi se numeşte cu adevărat creatoare.

Se înţelege, în realitate, totalitatea creatoare aparţine nu automatului, ci omului, care a construit acest automat. Automatul nu poate fi gîndit rupt, separat de colectivul omenesc care l-a creat. Ori care maşină între altele şi automată apare doar ca o unealtă a activităţii creatoare a omului. Însă, ea poate să uşureze această activitate, poate s-o lărgească şi s-o ridice pînă la un nivel care astăzi încă este imposibil de prevăzut.

Crearea maşinilor electronice de calcul a arătat cît de departe se poate merge pe linia eliberării omului de operaţii care cer o gîndire logico-formală. Cu toate acestea, chiar pentru specialişti a fost neaşteptat lămurirea faptului cît este de larg domeniul gîndirii logico-formale şi cît de complicate şi adînci sînt acele procese pe care mai înainte putea să le înfăptuiască numai creierul omenesc, şi care acum se pretează automatizării datorită maşinilor de calcul. Realizarea traducerii la maşină dintr-o limbă în alta şi prelucrarea programelor pentru rezolvarea problemelor care păreau că sînt specifice numai creierului, de exemplu rezolvarea studiilor de şah, a convins pe mulţi că sfera proceselor de gîndire logico-formale, adică acelea care se supun programării este cu mult mai largă şi mai importantă decît se obişnuia să se creadă. Unde sînt limitele acestor posibilităţi? Cît de larg este domeniul problemelor intelectuale pe care le poate îndeplini automatul în locul omului? Se limitează ele numai la procese algoritmizate, sau se întind cu mult mai departe? Noi privim în mod optimist la lucruri de acest fel, nădăjduind că posibilităţile uşurării activităţii intelectuale a omului cu ajutorul automaticii sînt nelimitate şi că rolul automaticii în această direcţie este cel mai nobil: eliberînd omul de munca brută, automatica va permite să se folosească din ce în ce mai mult resursele inepuizabile ale creerului omenesc pentru perfecţiune şi creaţie.

Scopul automatizării este nobil, real şi realizabil. Însă, pentru realizarea lui este nesesar să se învingă un şir de piedici, să se rezolve un şir de probleme grele. Să se oprim la cîteva dintre ele.

Fără a lua în considerare rezultatele minunate în unele domenii ale teoriei comenzii automate, situaţia generală nu este strălucită pe frontul teoretic. În primul rînd, această situaţie se caracterizează prin aspect caleidoscopic, printr-o mulţime de teorii separate, prin lipsa teoriei unice, structural legate. Idei de bază, metode, noţiuni, legi se află încă în procesul de creare. În al doilea rînd, un şir din cele mai importante probleme teoretice nu este elaborat încă. Lacunele în teorie se fac simţite mai ales prin încercările de a examina sisteme complexe cu abundenţă de elemente şi legături între ele. Aici încă nu este studiată nici măcar punerea la punct a problemei. Între altele astfel de sisteme în viitor vor apare de mare actualitate, deoarce numai ele modelează unele funcţii complicate ale activităţii omului.

Împreună cu aceasta trebuie subliniat că teoria comenzii automate îşi schimbă treptat caracterul său, devine în mai mare măsură un element conducător în rezolvarea problemei automatizării. Dacă mai înainte teoria era în general doar un sprijin pentru calculul sistemelor existente, astăzi însă şi mai ales în viitor, sarcinile teoriei cresc în mod radical. Teoria formează concepţia tehnică a inginerului, îndreptîndu-l la căutarea unor tipuri de sisteme cu totul noi. Teoria începe să servească din ce în ce mai mult pentru „explorarea adîncă", pentru lămurirea a ceea ce pot şi ceea ce nu pot să facă maşinile şi cum trebuie lărgite posibilităţile lor.

Să ne oprim la cîteva dintre cele mai importante probleme tehnico-ştiinţifice caracteristice pentru etapa actuală a dezvoltării automaticii.

1. O importanţă mare are elaborarea metodelor comenzii optime şi sintezei structurii instalaţiilor de comandă, apropiate de cele optimale.

Acest domeniu de probleme este extraordinar de larg. Într-adevăr, obiectele comandate pot fi liniare şi neliniare, cu parametri concentraţi sau distribuiţi, continui sau discreţi. Criteriile optimalităţii pot avea de asemenea, în cazuri diferite, un caracter cu totul diferit. Sistemele pot fi optimale în viteza proceselor tranzitorii, precizia la procesul staţionar, productivitatea medie, randamentul, consumul de energie, consumul de materie primă etc.

La ora actuală există principii generale variaţionale, între altele principiul maximului şi programarea dinamică care pot apare ca bază pentru rezolvarea unor probleme foarte complicate. Însă, nu toate aceste principii sînt generalizate pentru un şir de cazuri importante. În afară de aceasta,

aplicarea lor la probleme concrete cere de obicei rezolvarea unor probleme complexe teoretice suplimentare. Este esenţială problema construirii sistemelor simple, apropiate de cele optimale, care este elaborată încă cu totul insuficient. Astfel în acest domeniu mai este mult de făcut.

2. O problemă importantă este elaborarea principiilor de construcţie a sistemelor de autoreglare şi autoinstruire.

Includerea în arsenalul mijloacelor automaticii a instalaţiilor supradezvoltate de acţiune logică şi memorie a deschis posibilitatea pentru rezolvarea unui cerc larg de probleme noi de comandă. Acestea sînt problemele legate de stabilirea şi menţinerea celui mai avantajos regim de lucru, într-un sens determinat, al diferitelor obiecte de comandă, problemele elaborării treptate în instalaţiile de comandă a reacţiilor dorite în situaţii complexe care se schimbă etc.

Pe acest drum sînt de acum înregistrate oarecare rezultate. În U.R.S.S. s-au creat regulatori extremali stabili la paraziţi, optimizatori multicanali pentru lucrul în condiţii de industrie şi laborator. Rezultate esenţiale s-au obţinut în domeniul construirii automatelor cu autoinstruire. Totuşi, acesta este abia un început de elaborare a unei direcţii importante.

Perfecţionarea principiilor de construire a sistemelor automate care să rezolve aceste probleme, teoria şi calculul lor, sînt problemele cele mai actuale ale teoriei comenzii automate.

3. O importanţă esenţială prezintă prelucrarea principiilor de construire a automatelor pentru proiectarea instalaţiilor tehnice.

Elaborarea structurilor maşinilor cu un număr mare de elemente adesea devine peste puterile omului, sau în orice caz, nu garantează obţinerea soluţiei celei mai raţionale. De aceea, este cu deosebire actuală utilizarea maşinilor şi pentru proiectare.

În acest domeniu teoria este încă foarte slab elaborată şi chiar principiile construirii unor astfel de automate sînt în multe cazuri neclare. Este posibil că aici un ajutor mare îl va da contactul cu fiziologii şi psihologii şi luarea în considerare a metodelor de rezolvare a unor asemenea probleme de către om. Aceste metode sînt caracterizate de precizie şi viteză mică; ele sînt însă, în comparaţie cu automatele actuale, extraordinar de elastice şi adaptabile la cele mai diferite probleme: „intuiţie", „fantezie" şi „capacitate de analogii şi generalizări". Tocmai în acest domeniu teoria comenzii automate se leagă în modul cel mai strîns cu cibernetica, a cărei ramură tehnică este de fapt. Teoria în domeniul cel mai nou şi mai interesant al automatelor complexe va prezenta pe cît se pare o fuziune originală a metodelor logico-teoretice, statistice şi probabil variaţionale. Nu este exclus că aici vor apare căi cu totul noi de punere a problemei şi de rezolvare a ei. Este necesar prin toate măsurile să se forţeze mersul înainte în această direcţie.

În U.R.S.S. se întreprind astfel de cercetări. S-a elaborat un complex de aparatură pentru sinteza automată a sistemelor de comandă optimale, s-a creat o maşină pentru analiza instalaţiilor cu relee, pentru întîia oară s-a construit o maşină pentru sinteza structurilor instalaţiilor cu relee care după condiţiile impuse dă nemijlocit structura instalaţiei cu relee, prin reprezentarea ei grafică pe un fond luminos. Se încheie construcţia unei maşini pentru minimalizarea funcţiilor booleene. Aceste lucrări trebuie însă să fie socotite numai ca prima etapă în rezolvarea problemelor automatizării procesului de sinteză a sistemelor de comandă.

Se înţelege, nu numai direcţiile enumerate mai sus prezintă o importanţă deosebită. Există şi un şir de alte probleme actuale — problemele stabilităţii, calităţii reglării şi căutării, teoria sistemelor combinate etc. Atît ultimele probleme enunţate cît şi cele enumerate mai sus sînt legate între ele şi această legătură se poate amplifica în continuare. Odată cu complexitatea problemelor creşte şi legătura teoriei comenzii automate cu alte ştiinţe. Despre legătura cu fiziologia şi cu psihologia s-a amintit mai înainte. Trebuie să remarcăm legătura cu matematica, în special cu metodele logico-teoretice, variaţionale şi statistice.

Probabil şi alte noi discipline matematice, de exemplu analiza funcţională, pot găsi aplicaţii esenţiale în teoria comenzii automate.

Dezvoltarea tehnicii şi teoriei duce la formarea unei baze teoretice unice pentru complexul disciplinelor tehnice, care aparţin comunicaţiei şi comenzii: automatica şi telemecanica, radioelectronica cu toate ramurile ei, tehnica de calcul şi altele.

Această teorie, de fapt abia formulată la ora actuală, se numeşte „teoria comunicaţiei şi comenzii" sau „teoria comenzii" sau „cibernetică tehnică". Însă esenţialul desigur nu este în denumire ci în cristalizarea ideilor de bază, principiilor şi metodelor. Dezvoltarea acestei teorii unitare este extraordinar de importantă pentru problema automatizării.

Dezvoltarea teoriei şi tehnicii comenzii automate este imposibil de conceput fără progresul în aparatura comenzii automate. Apariţia noilor tipuri de aparatură, noile principii fizice de construirea acesteia au fost întotdeauna un impuls pentru schimbări calitative, spre o nouă ridicare a automaticii, a stimulat întotdeauna dezvoltarea teoriei comenzii automate. Este destul să amintim de influenţa adîncă ce a exercitat-o asupra dezvoltării automaticii apariţia instalaţiilor electronice de calcul atît continue cît şi de tip discret.

În domeniul construirii aparaturii de comandă automată există realizări esenţiale, însă mai sînt şi aici multe „pete albe" — probleme care îşi aşteaptă rezolvarea lor.

Cea mai importantă problemă în dezvoltarea aparaturii de comandă este ridicarea siguranței ei. Într-adevăr, mărirea numărului sarcinilor impuse aparaturii de comandă și complicarea acestor sarcini duce neapărat la mărirea numărului elementelor aparaturii și, ca urmare, la mărirea probabilității de tulburare a funcționării sistemului. Dacă luăm în considerare intensificarea continuă a proceselor și mărirea dimensiunilor lor iar ca urmare și rezultatele avariilor posibile, va deveni clar că problema securității este o problemă cheie și în esență ea va deveni problema „a fi sau a nu fi" a automatizării. Rezolvarea acestei probleme merge atît pe linia elaborării unor forme de elemente mai sigure și mijloacele lor de legătură, cît și pe drumul găsirii metodelor de construire a sistemelor sigure din elemente nesigure.

O altă sarcină importantă este construirea sistemelor de comandă sub formă de complexe, care să unească blocuri standard ce permit diverse combinații aplicabile la cererile unui sau altui obiect automatizat. Aceasta simplifică proiectarea, realizarea și exploatarea sistemelor de comandă, scade costul total al automatizării.

În sfîrșit, a treia sarcină importantă în dezvoltarea aparaturii este miniaturizarea aparaturii, elaborarea microelementelor, de asemenea legată de mărirea numărului elementelor sistemului de comandă și de cererea de mărire a securității.

Aceste tendințe se ilustrează prin dezvoltarea instalațiilor electronice de calcul cu acțiune discretă. Etapa creării mașinilor matematice voluminoase cu mii de lămpi electronice se schimbă sub ochii noștri cu o etapă nouă — apariția mașinilor construite cu elemente semiconductoare și magnetice. Dar și această etapă nu este ultima. De pe acum apar semnele unei noi etape. Noile tipuri de mașini, probabil, vor fi bazate pe principii fizice noi. Elementele unor astfel de mașini sînt benzile magnetice, aparatura criogenică s.a. Unele dintre ele pot acționa într-un timp de ordinul nanosecundelor și sînt extraordinar de mici în dimensiuni. După cît se pare, posibilitatea obținerii mai multor mii de elemente de memorie într-un centimetru cub este destul de reală. Noile elemente vor avea o mare siguranță, care în parte este legată de noua tehnologie a producției lor și de modurile constructive de legare a mulțimii elementelor în blocuri, în particular prin pulverizarea filmelor în vid, folosirea schemelor tipărite pentru legături înăuntrul și în afara blocurilor. În această direcție, oamenii de știință din țările apusene au obținut unele realizări.

Uneori și elementele de mult cunoscute ale automaticii pot apare într-o calitate cu totul nouă. De exemplu „vechile" instalații pneumatice, după cum arată lucrările efectuate în U.R.S.S., permit în mod neașteptat să se realizeze noi soluții ale instalațiilor de comandă pe baza interacțiunii jeturilor de aer. Cu ajutorul lor se pot crea diverse sisteme de comandă, între altele mașini de calcul numerice cu acționare destul de rapidă și sigură, pentru comanda proceselor. Evident, această direcție revoluționează construirea multor sisteme de automatică.

Există încă o problemă importantă, care determină succesul automatizării, însă care iese cu mult din limitele problemelor de comandă automată, pe care le discutăm la acest congres. Aceasta este sarcina elaborării procesului tehnologic al utilajului tehnologic de bază și sistemului de comandă automată ca un complex unitar legat. Numai o astfel de tratare a automatizării asigură un salt calitativ în mărirea productivității agregatului automatizat sau a producției. Numai o astfel de abordare dă posibilitatea să se folosească toate avantajele automatizării. Noi în U.R.S.S. am ales tocmai această cale.

În încheiere, aș vrea să ating în general problemele planificării dezvoltării științei. Sarcina de a determina strategia optimă a planificării cercetărilor științifice și dezvoltarea tehnicii nu are și nu poate avea o soluție riguroasă. Totuși, oarecare experiență acumulată în acest domeniu permite în trăsături generale să se rezolve corect problema principală — problema raporturilor cercetărilor curente supuse intereselor actuale și cercetărilor de perspectivă orientate spre rezolvarea celor mai importante probleme ale viitorului. Este cu totul clar că rolul cercetărilor de perspectivă trebuie să se amplifice în decursul timpului și dimensiunile lor trebuie să se lărgească. Aceasta este o condiție necesară pentru un adevărat progres tehnico-științific. Însă cu cît sînt mai mari dimensiunile și rolul cercetărilor de perspectivă, cu atît este mai grea organizarea lor. Cum să limitezi cazul cînd o cercetare într-un domeniu nou care deviază pe o cale lăturalnică de la direcția principală, să nu ducă la un impas fără perspectivă? În ce fel să micșorezi cheltuiala de forțe și de timp legată cu experimentări și cercetare asupra unei mulțimi de direcții încă necunoscute? Neatingînd alte considerații în această chestiune, trebuie să afirmăm că aici multe depind de contactul și schimbul de informații între oamenii de știință și specialiștii diverselor țări și profesiuni. Cu cît va fi mai mare gradul de colaborare, cu atît mai repede se lichidează direcții fără perspectivă, cu atît mai sigur merge înaintarea pe aceste magistrale. Eu chem la o asemenea colaborare pe oamenii de știință și specialiști în ziua memorabilă a deschiderii primului Congres IFAC de comandă automată.

Măreț sînt perspectivele progresului uman, din care o parte îl prezintă progresul automaticii. Progresului omenirii care înaintează ca o avalanșă nestăvilită poate să-i dăuneze numai catastrofa oribilă și fără sens a războiului. Noi sîntem siguri că această catastrofă nu va veni, că popoarele nu o vor permite. Pacea, aceasta este condiția necesară pentru înflorirea omenirii, pentru dezvoltarea științelor, între care se situează și cea a automaticii.

Lucrările primului Congres internațional de automatică

Între 27 iunie și 7 iulie a.c. s-au desfășurat la Moscova lucrările primului Congres internațional de automatică. Acest Congres a fost organizat de către Federația internațională de control automat. La Congres au luat parte 1111 delegați din 29 țări și un număr aproximativ egal de invitați. Din partea R.P. Romîne a participat o delegație de 20 de persoane, condusă de acad. prof. Gr. C. Moisil, vicepreședintele Comisiei de automatizare a Academiei R.P.R.

La ședința de deschidere a luat cuvîntul acad. V. A. Trapeznikov, care a rostit cuvîntul de deschidere. Această conferință o publicăm integral în paginile revistei noastre.

Congresul a fost salutat în numele guvernului U.R.S.S. de către Alexei Cosîghin, prim-vicepreședinte al Consiliului de Miniștri al U.R.S.S. Din cuvîntul d-sale citățm aprecierea că: „Automatica se plasează pe rang egal cu energia atomică, cu radiotehnica și cu știința cosmosului" și concluzia că: „În Uniunea Sovietică automatizarea este o politică a statului".

Le ședința de deschidere a mai luat cuvîntul acad. Nesmeianov, președintele Academiei de Științe a U.R.S.S., care a afirmat că: „Secolul nostru este secolul automaticii — automatica a devenit o știință autonomă".

Lucrările Congresului s-au desfășurat în trei secții și anume: secția de teorie, secția de elemente de automatizare și secția de aplicații industriale; acestea erau subîmpărțite în 21 subsecții de lucru specializate. S-a prezentat un număr de 27 comunicări; s-au vizionat 43 filme documentare, o expoziție de cărți de specialitate cu aproape 3 000 volume, precum și o expoziție de elemente de automatizare. De asemenea, s-au făcut numeroase excursii tehnice și vizite în întreprinderile și instituțiile sovietice de specialitate.

Este de menționat că doi dintre delegații R. P. Romîne și anume acad prof. Gr. C. Moisil și prof. C. Penescu au fost aleși președinți ai unor ședințe ale subsecțiilor de lucru.

Apreciind importanța Congresului și în dorința de a face cunoscute lucrările acestuia, Academia R.P.R. a ținut o ședință de comunicări la data de 28 iulie a.c. În această ședință membri ai delegației romîne au relatat asupra lucrărilor Congresului, expunînd, în principal, conținutul unor referate mai importante și aspecte din timpul vizitelor tehnice ce le-au făcut.

La această ședință, cuvîntul de deschidere a fost rostit de acad. prof. I. S. Gheorghiu, președintele Comisiei de automatizare a Academiei R.P.R. Referatul de prezentare generală a fost ținut de acad. prof. Gr. C. Moisil, conducătorul delegației romîne la primul Congres al IFAC.

În referatul prezentat, acad. prof. Gr. C. Moisil a arătat importanța congresului, concluziile generale privitoare la stadiul actual și de viitor al automaticii, problemele ce trebuie să preocupe pe specialiștii din R.P.R. în lumina învățăturilor acestui Congres.

În continuare, publicăm unele referate — sub formă prescurtată — prezentate la această ședință de comunicări, precum și unele aspecte culese din vizitele și excursiile tehnice.

V. M. POPOV

Teoria sistemelor continue şi probleme speciale de matematici

CZ 621—52 : 51

În prezentul articol se analizează lucrările prezentate în cadrul primului Congres al IFAC la secţiile de teoria sistemelor liniare continue, teoria sistemelor neliniare continue, cît şi unele referate, înrudite cu acestea ca subiect, prezentate în cadrul secţiei de probleme speciale de matematici. Întrucît numărul total de referate care trebuie trecute în revistă este de cca. 50, expunerea care urmează va fi în mod necesar succintă şi — inevitabil — incompletă.

Trebuie să observăm în prealabil că atît în ceea ce priveşte obiectul cercetării cît şi metodele de cercetare lucrările prezentate în cadrul acestor secţii au aspecte comune cu lucrările prezentate la alte secţii, în special la secţiile de teoria sistemelor optimale şi autoorganizabile (adaptive). Spre deosebire de acestea din urmă, lucrările care vor fi trecute în revistă în continuare se caracterizează prin aceea că ele abordează problemele fundamentale, se poate spune problemele clasice ale teoriei sistemelor automate. Împărţirea lucrărilor pe secţii, care a fost necesară din considerente de natură organizatorică, nu trebuie să lase impresia că, în stadiul actual, cercetătorul se poate mărgini la cunoaşterea unui singur domeniu, ignorîndu-le pe celelalte.

În cadrul secţiei de teoria sistemelor liniare continue s-au prezentat 23 referate, tratînd o gamă variată de probleme, a căror analiză se face în cele ce urmează. Examinînd aceste referate se remarcă în primul rînd numărul redus de lucrări consacrate analizei sistemelor liniare cu structura simplă sau perfecţionării metodelor de calcul de tipul celor prezentate în orice curs modern de teoria sistemelor automate.

Acest fapt corespunde convingerii aproape unanime a specialiştilor că în domeniul teoriei elementare a sistemelor liniare nu mai sînt de aşteptat în viitor, rezultate care să aibă o însemnătate deosebită. S-au prezentat totuşi congresului şi unele referate consacrate acestor probleme demonstrînd că şi aici sînt încă lucruri interesante de spus.

În unul dintre aceste referate s-a dezvoltat metoda locului rădăcinilor, aplicată la cazul în care ecuaţia caracteristică a sistemului studiat depinde liniar de un parametru în raport cu care se construieşte locul rădăcinilor (K. F. Teodorcic şi G. A. Bendricov).

S-a acordat de asemenea atenţie criteriilor grafice de stabilitate. Unul dintre referate (A. Lepschy şi A. Ruberty) a avut drept obiect stabilirea de criterii simple pentru verificarea stabilităţii în cazul în care locul de transfer nu este reprezentat în coordonate polare — ca în cazul diagramelor Nyquist — ci în diagrame nepolare de tipul diagramelor Bode sau Nichols.

S-a prezentat o metodică nouă de calcul al regimurilor tranzitorii cu ajutorul unor polinoame speciale (O. P. D. Cutterige). Utilizarea determinanţilor lui Markov la analiza funcţionării sistemelor neliniare a format obiectul unui alt referat (V. Iaraniciuk).

Tot în grupa referatelor tratînd problemele elementare ale teoriei sistemelor automate liniare se poate încadra şi referatul prezentat de A. T. Tiedemann şi Th. J. Higgins, consacrat studiului efectului variaţiilor unor parametri asupra funcţionării sistemului.

Un alt grup de lucrări prezentate în cadrul secţiei de teorie a sistemelor liniare continue a tratat problema optimalizării sistemelor liniare. În această categorie se încadrează studiul limitelor de precizie a sistemelor automate, efectuat de K. Küpfmüller. Pornind de la unele analogii cu teoria comunicaţiilor, autorul studiază sistemele automate cu reacţie, caracterizate prin prezenţa unei întîrzieri constante, date, în circuitul de reglare. K. Küpfmüller pune şi rezolvă problema determinării funcţiei de transfer a sistemului astfel încît sistemul să fie absolut stabil iar precizia de reglare să fie maximă.

Alt referat din aceeaşi grupă a tratat problema determinării proceselor tranzitorii optimale în sistemele liniare (H. Gorecki, A. Turovitz).

S-au prezentat, în cadrul referatului lui V. Strejc, o serie de rezultate obţinute pînă în prezent în problema tabulării proceselor optimale de reglare în sistemele liniare.

Circa două treimi din numărul referatelor prezentate la secţia de teoria sistemelor liniare continue, au tratat probleme referitoare la sistemele automate cu structură complexă, cu mai multe circuite de reglare şi cu mai multe mărimi reglate. Abundenţa lucrărilor în acest domeniu arată că direcţia principală de cercetare în teoria sistemelor liniare este reprezentată actualmente de studiul sistemelor cu structură complexă.

Dintre aceste lucrări se remarcă în mod deosebit referatele consacrate sistemelor automate avînd o astfel de structură încît mărimile de ieşire să fie independente de perturbaţiile care se aplică în anumite puncte ale sistemului. Aşa numita „teorie a invarianţei", care formează baza matematică a teoriei acestor sisteme, a fost expusă concis în cadrul congresului de către V. S. Kulebakin, unul dintre creatorii acestei teorii. Referatul pune în evidenţă 5 tipuri di-

ferite de invarianţă, corespunzătoare gradului mai mare sau mai mic de independenţă a mărimilor de ieşire faţă de mărimile perturbatoare.

Referatul prezentat de B. N. Petrov, consacrat de asemenea principiului invarianţei adînceşte unele aspecte ale problemei şi extinde principiul invarianţei şi la cazul sistemelor neliniare.

Într-un alt referat, M. V. Meerov experimentează particularităţile structurii sistemelor automate cu mai multe mărimi reglate, dependente între ele. Aceste sisteme au fost denumite într-un mare număr de referate prezentate congresului „sisteme multiconexe". Aceeaşi denumire o vom păstra şi în cursul acestei expuneri.

Sistemele multiconexe au format şi obiectul referatului lui M. D. Mazarovici. Un studiu al stabilităţii acestor sisteme a fost prezentat de A. Jeffrey.

O serie de referate s-au ocupat cu stabilirea unor principii constructive pentru sistemele multiconexe. Una dintre soluţiile cele mai simple din punctul de vedere al analizei — soluţie tratată în referatul lui V. D. Piveni — constă în a impune sistemului astfel de condiţiuni încît acesta să se comporte ca o reuniune de sisteme automate simple, independente între ele (principiul autonomiei). Într-un alt referat, Tin Sin Ian propune construirea sistemelor multiconexe după „principiul comenzilor armonice", introdus de autor.

„Sistemele combinate", care prin îmbinarea convenabilă a ciclului deschis şi a ciclului închis permit, în principiu, realizarea unor sisteme urmăritoare cu eroarea nulă, au format obiectul atenţiei unui mare număr de referate, parte din ele menţionate deja mai sus. O metodă de calcul al acestor sisteme cu ajutorul caracteristicilor logaritmice a fost propusă în referatul lui V. A. Besekerskii şi S. M. Fedorov.

În referatele prezentate de H. K. Chatterjee, D. S. Mitchell şi C. R. Webb, care tratează de asemenea sistemele cu structură complexă, se dau şi unele date experimentale în legătură cu aceste sisteme.

În cadrul secţiei de teorie a sistemelor neliniare continue s-au prezentat 14 referate. În legătură strînsă cu problematica acestor referate sînt şi problemele abordate în cele 13 referate prezentate în cadrul secţiei „probleme speciale de matematici". De aceea ele vor fi trecute împreună în revistă, conform necesităţilor logice ale expuneriii

Într-un amplu — şi totuşi incomplet — referat de sinteză s-a prezentat stadiul actual al teoriei sistemelor neliniare (Y. H. Ku). Prezentînd sistematic realizările mai recente în acest domeniu, în special pe cele publicate în limba engleză, autorul trage concluzia că „problema fundamentală în domeniul teoriei sistemelor automate este dezvoltarea teoriei sistemelor neliniare".

Majoritatea referatelor prezentate în cadrul secţiei de teorie a sistemelor neliniare au fost consacrate dezvoltării şi lărgirii posibilităţilor de aplicare a metodei echilibrului armonic. Această metodă a fost aplicată de autori la tratarea celor mai diverse probleme, dintre care citäm :

— sinteza sistemelor automate neliniare (E. P. Popov) ;

— studiul unui tip de sisteme automate conţinînd două elemente neliniare (C. N. Shen) ;

— studiul influenţei saturaţiei în sistemele automate (Max Syrbe) ;

— studiul influenţei caracteristicilor surselor de alimentare asupra funcţionării sistemelor automate (R. Kochenburger) ;

— studiul stabilităţii oscilaţiilor forţate în sistemele neliniare (I. K. Gille şi P. A. Decaulne).

Grupul Y. Takahashi, J. Ziegler şi N. Nichols studiind un sistem automat simplu conţinînd un element neliniar cu saturaţie, aplică atît metoda construirii traiectoriilor în planul fazelor cît şi metoda echilibrului armonic, constatînd o concordanţă satisfăcătoare a rezultatelor.

Abundenţa mare de lucrări care utilizează şi dezvoltă metoda echilibrului armonic ilustrează preferinţa aproape generală care se acordă astăzi metodei echilibrului armonic, datorită comodităţii cu care aceasta se aplică.

Atît în referate cît şi în cadrul discuţiilor s-a subliniat însă faptul că metoda echilibrului armonic este o metodă aproximativă neriguroasă şi s-a atras atenţia asupra unor exemple existente în care aplicarea metodei conduce la rezultate greşite. De aceea toţi referenţii au simţit nevoia de a justifica rezultatele obţinute cu metoda echilibrului armonic fie recurgînd la calculul cu maşini analogice, fie ca urmare a experimentării directe a sistemului studiat.

Este locul să analizăm aici un referat prezentat de R. W. Bass la secţia „probleme speciale de matematici" în care se tratează problema fundamentării matematice riguroase a metodei echilibrului armonic. Trebuie menţionat faptul că nu s-a încercat fundamentarea metodei echilibrului armonic în toate aplicaţiile ei — ilustrate prin enumerarea de mai sus — ci numai fundamentarea ei în ceea ce priveşte studiul regimurilor periodice în sistemele automate neliniare. În acest referat se stabileşte concluzia că metoda echilibrului armonic conduce la rezultate corecte cu condiţia ca să nu aibă loc un tip special de rezonanţă, definit de autor. Verificarea prezenţei sau absenţei acestui fenomen de rezonanţă este însă o problemă care — după însăşi părerea autorului — nu este rezolvabilă în cazul general. Ca urmare, deşi lucrarea adînceşte bazele logice ale aplicării metodei

echilibrului armonic, totuşi, în ceea ce priveşte aplicaţiile, ea păstrează acelaşi caracter aproximativ ca şi pînă în prezent.

Revenind la lucrările secţiei de teoria sistemelor neliniare, menţionăm că tot pe linia încercării de a extinde metodele liniare la studiul sistemelor neliniare se situează referatul: „teoria sistemelor cuasiliniare" (F. H. Clauser). Acest referat conţine printre altele o serie de exemplificări ale metodei cunoscute de tratare a sistemelor liniare — cu coeficienţi periodici, cu ajutorul unui sistem infinit de ecuaţii algebrice.

O altă grupă de comunicări prezentate secţiei de teoria sistemelor neliniare s-au referit la utilizarea intenţionată a elementelor neliniare în sistemele automate în scopul îmbunătăţirii performanţelor dinamice ale acestora. Referatele din acest grup au puncte comune cu unele referate prezentate în cadrul secţiei de teoria sistemelor optimale şi într-o mai mică măsură, ele ating şi problematica sistemelor adaptive. Spre deosebire de referatele acestor secţii, în cadrul secţiei de teoria sistemelor neliniare s-au examinat metodele de îmbunătăţire a funcţionării sistemelor automate cu ajutorul unor elemente neliniare, fără a se avea în vedere atingerea performanţelor optime.

Pe această linie se situează lucrarea lui V. Ferner în care sînt tratate sistemele conţinînd elemente neliniare de tip semiproporţional, a căror mărime de ieşire depinde atît de eroare cît şi de derivata erorii. Graficele prezentate de autor în cazul unor exemple concrete, arată o superioritate categorică a acestui tip de regulatoare faţă de regulatoarele liniare.

Un alt referat (H. Hochrainer) se ocupă de corecţia sistemelor neliniare care sînt liniare pe porţiuni şi sînt caracterizate prin proprietatea că funcţia de transfer depinde de semnul derivatei mărimii de intrare. Autorul recomandă ca circuitele de corecţie, în cazul unor asemenea sisteme, să conţină elemente neliniare cu caracteristică de diodă.

Într-un alt referat (John C. West) s-a arătat că utilizarea unor sisteme automate cu amplificare variabilă prezintă avantaje din punctul de vedere al îmbunătăţirii performanţelor sistemului.

S-a prezentat de asemenea (R. Oldenburger şi T. Nakada) o teorie a stabilizării sistemelor neliniare prin variaţia amplificării sistemului după o lege dată (sinusoidală, triunghiulară etc.). Ne mărginim să mai menţionăm că în cadrul secţiei „probleme speciale de matematici" s-a tratat problema definirii corecte a regimurilor staţionare în sistemele automate (N. Nemîţki) s-au studiat unele probleme legate de autooscilaţiile sistemelor neliniare (O. Neimark, R. Cosgriff; C. Hayashi; J. Skowranski şi S. Ziemba) s-au adus contribuţii la problema sistemelor neliniare cu caracteristici discontinue (N. A. Aizerman şi F. R. Gantmacher; P. J. Seibert şi J. Andre; A. F. Filipov) şi la studiul stabilităţii sistemelor neliniare cu ajutorul metodei a doua a lui Liapunov (A. I. Lurie şi E. N. Rozenwasser; S. H. Lehnigk; A. K. Bedelbaev; E. A. Barbaşin).

Menţionăm, în sfîrşit, referatul prezentat de delegaţia romînă la secţia de teoria sistemelor neliniare continue, referat în care se prezintă un criteriu de calitate pentru sistemele neliniare. Această lucrare se bazează pe un ciclu de lucrări asupra stabilităţii publicate în revistele noastre de specialitate.

Am constatat că aceste lucrări, care conţin o nouă metodică de tratare a stabilităţii sistemelor automate neliniare, nu sînt cunoscute specialiştilor din străinătate. Ca urmare, în cadrul congresului au fost formulate ca probleme de perspectivă unele probleme care erau deja rezolvate, chiar într-un cadru mai general, în lucrările noastre publicate.

Din acest motiv am prezentat în expunerea noastră la congres şi unul dintre cele mai caracteristice rezultate ştiinţifice obţinute anterior: anume o metodă de analiză a stabilităţii sistemelor neliniare posedînd aceeaşi comoditate de aplicare ca şi metoda echilibrului armonic dar fiind — spre deosebire de aceasta din urmă — o metodă exactă, riguros fundamentată.

Ilustrînd posibilităţile aplicative ale acestei metode am îmbunătăţit cu ajutorul ei, în cadrul unei intervenţii la secţia de „probleme speciale de matematici", rezultatele obţinute de unul dintre referenţi.

Încheind această scurtă trecere în revistă, putem observa că lucrările secţiilor analizate, ca de altfel lucrările întregului congres, au prilejuit un schimb reciproc, preţios, de informaţii ştiinţifice. Cunoaşterea ideilor şi opiniilor diferite, exprimate în referate şi cu ocazia discuţiilor, cunoaşterea reciprocă a preocupărilor diferiţilor specialişti şi a direcţiilor în care aceştia îşi îndreaptă cercetarea, va avea, fără îndoială, un rol însemnat în dezvoltarea ulterioară a teoriei sistemelor automate.

T. TĂNĂSESCU

Sistemele automate de optimalizare şi auto-adaptive

CZ 621-53

În introducerea automatizării în aplicaţii tehnice există o evoluţie. Într-o primă fază, în dezvoltarea maşinilor s-au aplicat larg principiile mecanizării, eliberînd pe om de eforturi fizice. Într-o a doua fază, a intervenit aparatul de măsură şi control obiectiv al caracteristicilor din procesul de fabricaţie; în această fază, organele senzoriale ale omului încep să fie ajutate şi ele în muncă. A treia fază este aceea a automatizării parţiale, cînd munca manuală a omului la o maşină se înlocuieşte printr-o funcţie de supraveghere şi comandă simplă.

În unele domenii, în ultimii 2—3 ani s-a trecut la o a patra fază, aceea de automatizare complexă sau totală, în care omul transmite maşinii funcţiile de conducere a procesului de fabricaţie, la nivelul secţiei, sau chiar uzinei, la un nivel care asigură desfăşurarea cea mai eficientă, pe baze tehnico-economice.

Dezvoltarea acestei ultime faze s-a făcut în mod vijelios în ultimii doi ani şi o sistematizare a ideilor în această privinţă era necesară. Congresul de la Moscova a ajutat în primul rînd la această clarificare a ideilor.

Problema teoretică, generală, care se pune în faza a patra se enunţă în următorul mod: sistemul de reglaj este acţionat la intrare prin variabilele $a(t)$, $b(t)$, $c(t)$; el este constituit structural din elemente avînd caracteristici de timp $x(t)$, $y(t)$, $z(t)$. Sistemul este condiţionat structural prin legături de limitare, care formează un sistem de ecuaţii a, b, c şi x, y, z.

Aprecierea bunei funcţionări se face pe baza unui indice I (eroare, randament, posibilitate de nimerire a ţintei într-un sistem balistic etc.). I este obişnuit o funcţie medie, o integrală de timp şi care conţine pe a, b, c, x, y, z; reglarea automată caută să realizeze pentru I condiţii de maxim sau uneori de minim. Se determină astfel forma cea mai potrivită a funcţiunilor x, g, z şi se caută apoi să se realizeze fizic elementele corespunzătoare ale sistemului.

Metoda matematică, pentru rezolvarea unor asemenea probleme numite de valoare extremă convenţională, este obişnuit metoda de calcul variaţională. La Congres, Rozonev (U.R.S.S.) a arătat într-o comunicare rolul metodelor variaţionale în studiul caracteristicilor şi indicilor de calitate a sistemelor de comandă automată. Se ştie că aceste metode sînt aplicabile atît sistemelor liniare cît şi celor neliniare.

Rezolvarea tehnică a problemei enunţate mai sus ca specifică automatizării complexe, cere obişnuit introducerea în sistemul de reglare şi a unui calculator electronic.

În studiul şi proiectarea unui asemenea sistem complex trebuie să se facă apel:

a) la teoria informaţiilor, care arată cum se rezolvă problemele de transmitere a informaţiilor atunci cînd sînt prezente;

b) la teoria de algoritmizare şi de programare, corespunzînd maşinilor de calcul utilizate în sistemul de reglare;

c) la teoria reglării automate, care utilizează informaţiile în vederea îndeplinirii unei acţiuni.

În cazul sistemelor automate complexe este foarte greu a stabili relaţiile matematice corespunzătoare procesului de comandă despre care s-a vorbit mai sus.

Această dificultate provine din:

— caracterul insuficient studiat al dinamicii proceselor de fabricaţie;

— dependenţa desfăşurării proceselor de un număr mare de variabile, între care există legături reciproce;

— caracterul întîmplător şi haotic al acţiunilor;

— varietatea regimurilor;

— caracterul neliniar al elementelor sistemului;

— gradul superior al ecuaţiilor şi altele.

Pentru rezolvarea problemelor reglării, elaborarea unui asemenea sistem de comandă, s-a recurs şi la cibernetică, la analizarea cazurilor similare întîlnite la organismele vii.

Procesele de comandă în organismele vii pot servi ca model pentru elaborarea sistemelor automate în tehnică, iar acestea din urmă drept model pentru cercetarea proceselor de comandă în organismele vii.

La organismele vii există sisteme foarte complicate, alcătuite dintr-un număr mare de elemente unităţi automate, care prezintă o permanentă interacţiune reciprocă, atunci cînd lucrează în acţiuni comandate. Analiza unor asemenea sisteme nu se poate baza de aceea decît pe metode statistice.

Deci, în automatica complexă, pe lîngă maşini de calcul, care pot prevede ce trebuie să se facă în viitor în mod univoc pe baza stărilor din trecut, vor trebui introduse şi maşini statistice cu care se vor putea prevede stările cele mai probabile în viitor, pe baza stărilor din trecut.

Homeostatul lui Ashby este un exemplu simplu de maşină formată din mai multe sisteme automate în paralel. La o perturbare el se îndreaptă întîi în mod univoc spre starea de echilibru. Dacă un parametru depăşeşte o valoare, structura sistemului se schimbă brusc într-o altă formă întîmplătoare, în care se în-

cearcă din nou un echilibru. Se introduce astfel, metoda încercărilor succesive, metoda căutării.

Maşinile statistice care permit o asemenea funcţionare se află încă în faza incipientă, în ce priveşte introducerea lor în tehnică.

Problemele teoretice grele ridicate de automatizarea complexă sînt în prezent numai în parte lămurite.

În principal, primul congres IFAC a avut rolul să dea posibilitatea participanţilor să-şi lămurească chestiunile delicate în problemele de vîrf ale automaticii. Prin discuţii s-au conturat astfel căi noi de dezvoltare, în teoria sistemelor de comandă automată.

Înainte de congres, multitudinea de probleme insuficient de clare era mare; jumătate din comunicările prezentate la congres, le găsim în secţia teoretică, unde s-au comunicat în majoritate lucrări cu idei abstracte înaintate, care nu totdeauna sînt desăvîrşite.

Nevoile automaticii, în evoluţia lor din ultimii ani, au cerut mereu sisteme *variate ca performanţă* şi din ce în ce *mai perfecţionate*; de pildă, în stabilitatea de funcţionare, în micşorarea efectelor perturbatorilor.

Ca forme structurale variate ale sistemelor, şi cu performanţe diferite, menţionăm sistemele cu reglare continuă sau sistemele cu reglare discontinuă, sistemele cu elemente concentrate sau cu elemente repartizate, sistemele liniare sau sistemele neliniare. De fiecare din acestea avem nevoie în aplicaţiile variate ale automaticii; de pildă de sistemele neliniare avem nevoie în cazurile cînd domeniul de variaţie a vreuneia din variabile este foarte larg, de exemplu de ordinul 50 db.

La început, prin sistemul de reglare se urmărea numai păstrarea constantă a unui indice. Mai tîrziu s-a urmărit reglarea procesului de lucru pe baza realizării unui indice maxim de performanţă; de pildă: un răspuns cît mai rapid, o precizie cît mai mare în regim staţionar, o productivitate medie cît mai ridicată, un randament ridicat şi o putere consumată redusă, o fabricaţie cu un consum mic de materiale sau alte condiţii.

Toate acestea au condus la crearea unor sisteme automate mai complexe. Dintre cele mai remarcabile sînt cele care optimalizează funcţionarea, aducînd un anumit indice la o valoare maximă sau minimă.

Sistemul care optimalizează, utilizează uneori metoda perturbaţiilor, în care parametrii sistemului sînt modificaţi pe rînd în mici salturi şi un dispozitiv alege apoi automat funcţionarea care ne dă cel mai ridicat indice de performanţă.

O altă metodă foloseşte o maşină electronică de calcul care rezolvă continuu ecuaţia condiţiei de maxim şi cu valoarea găsită pentru parametrul sistemului, reglează continuu procesul spre optimalizare.

Sistemele de reglare automată pot avea în general mai multe variabile de control la intrare, aşa cum pot urmări la ieşire reglări condiţionate pentru mai multe variabile.

Un sistem de optimalizare de pildă, poate comanda o variabilă la intrare, dar dacă sistemul mai posedă şi alţi parametri atunci ei pot fi reglaţi pentru a realiza o stabilitate în funcţionare, sau o altă condiţie suplimentară cum ar fi de pildă, funcţionarea la limita admisibilă pentru unul din indici.

Cu alte cuvinte pe lîngă optimalizare sistemele cu parametri multipli vor urmări şi alte condiţii de reglare corectă, atunci cînd se produc variaţii incidente din mediul exterior sau variaţii interne structurale ale sistemului. Date fiind aceste variaţii, precum şi faptul că unele din ele se întind pe un domeniu larg, se recomandă modificări în timpul procesului necesare realizării funcţionării mai corecte a sistemului. În concluzie, sistemul trebuie să se adapteze singur în mod continuu la aceste variaţii şi chiar să se autoinstruiască cum să procedeze mai bine, ţinînd seamă eventual şi de experienţa cîştigată din reglările executate anterior.

Sistemele acestea auto-adaptive şi autoinstruite pot lua diferite forme, de la cele mai simple, de stabilizare a funcţionării pînă la sistemele complexe, care de pildă pot juca singure şah.

Astfel, avem în primul rînd sistemele cu reacţie negativă, care se ştie că prezintă o stabilitate de funcţionare şi o reducere a perturbaţiilor interne, cu atît mai mare cu cît avem o amplificare directă mai mare. Avem astfel prima clasă de sisteme auto-adaptive în care prin reacţie se urmăreşte reducerea perturbaţiilor proprii ale sistemului.

La Congresul de la Moscova, Jackson (Anglia) a dat o metodă de proiectare pentru această clasă de sisteme, cînd se utilizează o reacţie şi un filtru la intrare, pentru atenuarea perturbaţiilor proprii din sistem. El arată cum se aplică metoda lui la un dispozitiv de reglare a nivelului, utilizînd o acţiune proporţională şi integrală.

Apoi Ia Tu Li şi Van der Velde (S.U.A.) au prezentat o comunicare în care fac un interesant studiu filozofic asupra sistemelor autoadaptive, cu acţiune pasivă asupra unor elemente neliniare. Astfel se propune o nouă metodă de analiză a proprietăţilor dinamice ale acestor sisteme.

Există apoi clasa doua a sistemelor autoadaptive, care caută să compenseze perturbările care intervin asupra caracteristicilor semnalului de la intrare, aşa cum este reglarea automată de volum sau frecvenţă, în radioreceptori. În unele cazuri, dacă se cunoaşte caracteristica statistică a perturbaţiei se caută să se micşoreze efectul perturbărilor introducînd un reglaj al amplificării bazat pe minimul erorii medii pă-

tratice. Kalman (S.U.A.) a încercat să schiţeze aci o teorie generală. El susţine că, cu toate că în automatică s-au rezolvat recent multe probleme, totuşi înţelegerea aspectelor fundamentale ale reglării automate a rămas încă neaprofundată. Unicul pas serios în acest domeniu este deocamdată teoria informaţiilor, creată de Shannon. Astfel, s-au descoperit legile generale de transmitere a informaţiilor; este interesant de observat că aceste legi nu depind de caracteristicile sistemelor suport ale transmisiei. Kalman arată că totuşi nu s-a aprofundat suficient această teorie la sistemele de reglare. El ar vrea să poată răspunde la întrebarea inginerului: care şi cîtă informaţie este necesară pentru obţinerea reglării dorite? Care sînt proprietăţile elementelor sistemului, care sînt caracteristice pentru reglarea pe care vrem să o realizăm? Kalman încearcă să găsească metode pentru sinteza sistemelor de control. El defineşte mai întîi modelul introdus obişnuit ca sistem de referinţă din sistemele automate complexe, apoi arată nevoia ca obiectul, adică sistemul de reglare să fie complet controlabil şi complet observabil. Problema reglării automate este ca şi problema lui Wiener, asocierea duală a controlabilităţii şi observabilităţii sistemului. Kalman crede că se poate ajunge la o teorie generală a sistemelor automate pe baza dualităţii comandă automată şi filtru la intrare aşa încît funcţia totală de transfer să fie cea dorită.

În altă comunicare Margolis şi Leondes (S.U.A.) au arătat cum se poate folosi un model pentru a imprima sistemului de comandă caracteristicile acelui model. Parametrii modelului sînt la rîndul lor reglaţi în mod automat, adaptaţi, în conformitate cu desfăşurarea procesului de reglat. Metoda a fost aplicată de autori în unele sisteme automate utilizate în aviaţie.

Schuck (S.U.A.) a tratat chiar problema autopiloţilor autoadaptaţi. S-a arătat că la erori mari ale sistemului, trebuie folosite acţionări prin relee, iar la erori mici un control proporţional.

O formă mai perfectă, a sistemelor autoadaptive, se obţine atunci cînd unul din parametrii sistemului se variază în funcţie de criteriul ce-l adoptăm pentru a aprecia corecta funcţionare a sistemului. Obişnuit, criteriul cere realizarea unui maxim sau minim şi sistemul poartă numele de optimalizator; el reprezintă a treia clasă a sistemelor auto-adaptive.

Printre comunicările de la congres menţionăm următoarele în legătură cu optimalizarea.

Pontriaghin (U.R.S.S.) a dezvoltat cunoscutul său principiu de maxim, aplicat în teoria sistemelor de comandă automată care optimalizează.

În comunicarea sa, Feldbaum (U.R.S.S.) a arătat cum intervin unele probleme statistice în sistemele de optimizare. Perturbaţiile întîmplătoare de tip Markov din sistemul de reglaj fac ca în calculul sistemului să fie necesară aplicarea cunoştinţelor de statistică. Cu ajutorul teoriei statistice se poate ajunge la o proiectare condiţionată de realizarea unui minim pentru eroarea sistemului.

Bellman şi Kalabo (S.U.A.) au arătat că în sistemele care optimalizează, prevăzute cu reacţii, acţiunea acestei reacţii poate fi privită ca un proces de alegere succesivă, în mai multe etape, a stării optime. La acest aspect se poate aplica metoda ecuaţiilor funcţionale ale teoriei programării dinamice; metoda este valabilă independent de modul de lucru al sistemului, cu acţiune univocă (determinată), cu acţiune stohastică sau cu acţiune adaptivă.

În legătură cu proiectarea unui sistem automat care să realizeze un regim tranzitoriu cît mai scurt s-au prezentat la congres o serie de comunicări valoroase.

Krasovski (U.R.S.S.) s-a ocupat de problema alegerii parametrilor sistemului, în cazul cînd sistemul optimalizant trebuie să realizeze cele mai bune calităţi ale procesului tranzitoriu.

Kulikowski (Polonia) în comunicarea sa a studiat sisteme în aceleaşi condiţii de regim tranzitoriu optim, urmărind prin acţiunea de control să asigure reducerea la zero, în timp minim, a diferenţei între ieşire şi intrare, precum şi a diferenţei dintre derivatele lor.

În cazul sistemelor cu relee, ele se consideră optime din punct de vedere al reducerii perturbaţiilor, atunci cînd ele asigură o durată minimă a procesului tranzitoriu. Fuller (Anglia) încearcă să arate că de fapt altul trebuie să fie criteriul de performanţă optimă, anume minimul unei valori eficace, de exponent diferit de 2, a erorii.

Japonezul Mitsumaki propune în cazul sistemelor cu relee o modificare în calculul care se face azi pentru sistemul de reglare optim.

Metoda de calcul indicată are avantajul că scurtează efectiv timpul procesului tranzitoriu.

Rosenbloom (S.U.A.) încearcă să răspundă la problema: cum se calculează un sistem de manevrare a rachetei, prin jeturi, astfel ca să se realizeze o distribuţie optimă a rezervei totale de combustibil. Acţiunea de reglare ca tip trebuie să fie prin tot sau nimic şi se arată că momentul aplicării ei depinde de mărimea erorii observate.

Strasac (Polonia) şi-a propus să studieze algoritmul de comandă pentru un sistem autoadaptiv de optimalizare a timpului regimului tranzitoriu. El examinează apoi elementele de sinteză a unui asemenea sistem, adică realizabilitatea lui fizică.

La Salle (S.U.A.) a arătat în comunicarea sa despre principiul Bang Bang că, pentru ca să se minimalizeze întîrzierea la răspuns controlul optim al semnalului de la intrare trebuie să fie un control de releu. Problema aceasta, de pildă,

este problema aterizării satelitului artificial într-un timp minim.

În cazul cînd vrem să apropiem sistemul nostru tehnic de organizarea mai perfectă a fiinţelor vii, este nevoie să se utilizeze un sistem cu structură variabilă în timp. Această modificare de structură se face obişnuit prin salturi, în mod neregulat, atunci cînd unul din parametri depăşeşte o anumită valoare. Un exemplu de asemenea sistem este homeostatul lui Ashby. Sistemele acestea definesc a patra clasă.

La congresul de la Moscova, Ostrovski (U.R.S.S.) a examinat problema sintezei sistemelor de reglare automată care sînt prevăzute cu variaţii prin salturi a parametrilor. Deci dispozitivele corectoare nu acţionează tot timpul, ci se leagă în anumite momente. Efectul lor depinde de locul unde se plasează punctul de lucru în planul fazelor, la comutare.

Andrew (Anglia) a arătat rezultatele pe care le-a obţinut în studiul unui sistem auto-adaptiv, prevăzut cu parametri a căror valori rezultă din calcule statistice, prin coeficienţi de corelaţie. Acest sistem permite :

1) autoorganizarea, adică schimbarea tipului reglării, a structurii interne a sistemului, corespunzător optimalizării care trebuie realizată ;

2) formarea unei concepţii despre modul cum trebuie aleasă o funcţie de variabilele de la intrare, pentru ca să se simplifice sau să se îmbunătăţească optimalizarea ;

3) autoinstruirea asupra modului cum trebuie să se modifice metoda de optimalizare, atunci cînd variază condiţiile exterioare. Pentru aceasta se utilizează în sistem memorii de diferite tipuri, pentru a înscrie experienţa cîştigată, calculatoare electronice modelatoare şi scheme logice cu relee, pentru luarea unor hotărîri de modificări structurale.

La congres, Cincinadze (U.R.S.S.) a prezentat unele probleme grele ivite la elaborarea unor sisteme autoadaptive şi autoinstruite, bazate pe principiul căutării întîmplătoare. Sistemele acestea depind în principal de algoritmul ce se fixează pentru calculatorul statistic care conduce căutarea.

Ivahnenco (U.R.S.S.) a arătat la congres că sistemelor cibernetice li se poate aplica teoria invarianţei, teoria sistemelor combinate legate de ea.

Există şi o a cincea clasă de sisteme adaptive, cele care în general îşi modifică valorile parametrilor pe baza măsurării unei caracteristici de transfer a sistemului.

Taxlor (Anglia) a descris un sistem extremal de reglare cu optimizare automată continuă, cu toate că semnalele de la intrare apar izolat, în ritm neregulat. Indicele de optimizare este o valoare medie a erorii, calculată pe un anumit interval.

Krasovski (U.R.S.S.) arată în comunicarea sa cum se poate încadra matematic dinamica sistemelor de reglare continuă cu auto-adaptare şi stabileşte condiţiile pentru dispozitivele corectoare.

Sistemele auto-adaptive cu mai mulţi parametri au fost tratate de asemenea în cîteva comunicări :

Gibson (S.U.A.) a arătat cum se pot calcula sistemele auto-adaptive cu mai mulţi parametri, în care caz se poate urmări simultan viteza maximă în răspuns, stabilitate bună sau alţi indici.

Braun şi colaboratorii (S.U.A.) au vorbit despre determinarea aproximativă a caracteristicilor dinamice în procesele de reglare prin sistem auto-adaptiv. S-a descris metoda utilizării unei serii de funcţii ortogonale, care se aplică uşor în proiectare, atunci cînd se dispune de calculatoare numerice electronice.

O comunicare similară a prezentat Kitomari (Japonia). Merov (U.R.S.S.) a prezentat în comunicarea sa unele particularităţi ale structurii sistemelor de reglare cu mai multe legături. El insistă asupra importanţei cunoaşterii principiilor generale de construire a structurilor, atunci cînd se pune problema proiectării lor. În acest sens el este foarte clar şi precizează unele proprietăţi structurale ale reglării cu mai multe legături.

O comunicare interesantă a lui Tiu Ciui Ian (R.P. Chineză) a tratat problema automatizării proceselor din instalaţii complexe, în care trebuie controlate mai multe mărimi, în corelaţie una cu alta. De pildă, în cazul maşinilor de fabricat hîrtie, în cazul unor procese chimice, în cazul distribuţiei sarcinii între centralele dintr-un sistem energetic etc. Pentru toate aceste cazuri se prezintă o metodă de studiu bazată pe un nou principiu denumit de autor — principiu armonic de comandă.

M. Mesarovici (Iugoslavia) a prezentat de asemenea o comunicare asupra sistemelor de reglare multivariabilă, la intrare şi ieşire.

A fost prezentat şi un grup de comunicări de cibernetică. Astfel, Clynes (S.U.A.) a prezentat rezultatele studiilor privind reglarea frecvenţei bătăilor inimii la respiraţii. Se arată astfel ecuaţiile diferenţiale neliniare care leagă variaţiile în frecvenţă ale bătăilor inimii cu respiraţia, ceea ce deschide noi posibilităţi studiilor de fiziologie.

Tomovici (Iugoslavia) a prezentat o comunicare privind descrierea unui sistem electromecanic cu reacţie, care reproduce unele funcţii ale inimii omeneşti.

Sheridan (S.U.A.) a descris o nouă metodă de determinare experimentală a caracteristicilor dinamice ale unui sistem liniar cu parametri variabili în timp ; metoda se poate aplica la studiul variaţiei în timp a funcţiei de transfer a omului, care comandă sistemul de reglaj, în procesul lui de adaptare la variaţiile parame-

trilor sistemului sau la variaţia condiţiilor mediului ambiant.

Kuhternko (U.R.S.S.) a arătat că acum 50 de ani Grdina a studiat dinamica organismelor vii pe aceleaşi baze ca cele care se întîlnesc azi în cibernetică şi au valabilitate prin corecta utilizare a metodelor mecanicii analitice.

Jones (S.U.A.) s-a ocupat de unele regulatoare fiziologice, legate de sistemul vederii.

O impresie deosebită a făcut comunicarea lui Kobrinski şi a colaboratorilor săi (U.R.S.S.) care a tratat problemele de comandă bio-electrică. S-a arătat cum comenzi de acţionare în braţ, la capetele muşchilor se traduc prin apariţia de tensiuni electrice între punctele vecine, de ordinul 25—200 μV pulsînd în ritm de 150—200 Hz. La finele comunicării un invalid fără braţ, dar cu proteză, a arătat că colectivul a dat viaţă protezei; el a luat cu degetele protezei creta şi a scris pe tablă o frază.

În cadrul congresului s-au prezentat aproape 50 comunicări privind sistemele auto-adaptive, dintre care aproape 20 asupra sistemelor care optimalizează.

În afară de valoarea comunicărilor teoretice, constatăm şi succesele în practică ale sistemelor de optimalizare, cu una sau mai multe variabile care după cum se ştie sînt din ce în ce mai mult introduse în laboratoare şi uzine. Chiar şi sistemele cu autoadaptare şi autoinstruire încep a intra în aplicaţii.

Astfel în cadrul congresului Lavner (U.R.S.S.) a arătat problemele aplicării comenzilor autoadaptive, în cazul proceselor continue.

Un colectiv condus de Korobkov (U.R.S.S.) a prezentat proiectul şi rezultatele experimentale de pe teren, a unui sistem automat de comandă a distribuţiei gazului şi aerului într-o instalaţie de 16 furnale înalte; un singur sistem automat comandă deodată cele 16 unităţi.

O altă aplicaţie interesantă a fost aceea descrisă de Milsum (Canada) care a studiat pe un model sau sistem auto-adaptiv care optimaliza un criteriu economic, anume minimaliza cheltuielile de exploatare.

În discursul de deschidere a Congresului, acad. Trapeznikov spunea, că mai este actuală şi o altă importantă problemă teoretică în automatică. Este vorba de studiul maşinilor care completează şi înlocuiesc pe inginerul proiectant. Maşinile acestea trebuie să aibă intuiţie, imaginaţie şi să facă uşor analogii şi generalizare. Este o problemă complet deschisă pentru studii. Problemele complexe care sînt ridicate de cercetările din automatică, fac necesară cooperarea inginerilor cu doctorii, cu psihologii, cu matematicienii. Şi cînd vorbim de ingineri, înţelegem specialişti în teoria reglării automate, în electronică, în calculatoare electronice, în telecomenzi. Sistemul automat care trebuie elaborat este unic şi lucrarea constă totuşi în cristalizarea ideilor fundamentale şi sinteza elementelor sistemului, care necesită o multitudine de specialişti.

În încheiere, se poate spune că aşa cum a rezultat din lucrările congresului studiul şi proiectarea acestor sisteme de comenzi complexe, optimalizarea sistemelor, este astăzi una din cele mai importante şi urgente sarcini ale automaticii moderne. Faţă de această situaţie, pentru noi se pune azi acut problema organizării în R.P.R. a unui centru de cercetări fundamentale în automatică, în afară de organizarea proiectării instalaţiilor de automatizare.

N. ŞTEFĂNESCU

Teoria sistemelor discrete şi statistice

CZ 621—527

Problemele de automatizare discontinuă şi cele ale teoriei statistice aplicate în automatică au găsit un loc de frunte în lucrările Primului Congres de automatică de la Moscova.

Pentru fiecare din aceste două domenii din automatică s-a creat cîte o secţie: secţia teoria sistemelor discrete şi secţia de probleme ale teoriei statistice. În afară de problemele teoretice tratate în aceste secţiuni s-au prezentat comunicări — despre elemente ale sistemelor discrete şi despre utilizarea sistemelor discrete în industrie — şi în alte secţiuni.

În cadrul secţiunilor teoretice au fost înscrise 25 comunicări despre teoria sistemelor discrete şi 18 comunicări despre problemele teoriei statistice aplicate la automatică; aceste comunicări au atras atenţia unui număr important de cercetători.

Este de ajuns să amintim cîteva nume ale savanţilor care au prezidat şedinţele respective pentru a ne da seama de importanţa care s-a acordat problemelor de mai sus. Savanţi ca Ia. Z. Tîpchin (U.R.S.S.), W. Oppelt (R.F.G.), B. Brown (Anglia) şi I. Ragazzini (S.U.A.) au fost preşedinţi la şedinţele secţiei de teoria sistemelor discrete iar alţii ca I. Beneş (R.S. Cehoslovacă), V. S. Pugaciov (U.R.S.S.), M. Pelegrin (Franţa), I. Coales (Anglia) au condus lucrările la secţia de probleme ale teoriei statistice.

Ne vom opri asupra cîtorva comunicări mai importante pentru a ne face o idee, desigur sumară, asupra problemelor tratate.

Cunoscutul savant sovietic Ia. Z. Tîpchin, despre care se poate spune că a pus bazele teoriei sistemelor discrete — atît sisteme prin impulsuri cît şi de tip releu — aducînd metodele de studiu al sistemelor discrete la formele obişnuite ale teoriei sistemelor continue, a prezentat o comunicare intitulată „Elemente ale teoriei sistemelor automate de calcul digitale"; aceste sisteme cuprind în schema lor un element de transformare continuă în discontinuă a mărimilor de intrare şi de ieşire şi un element de calcul digital care formează mărimea de comandă discretă. Este vorba de aşa numita cuantificare a mărimilor din circuitul de reglare atît în timp cît şi ca mărime. Complexitatea calculului unui astfel de sistem, face ca el să fie redus uneori la calculul obişnuit neglijînd cuantificarea în timp sau în mărime. În lucrarea lui Ia. Z. Tîpchin se expune teoria unor astfel de sisteme fără a se recurge la aceste simplificări.

Interesante au fost unele comunicări despre teoria unor sisteme prin impulsuri cu caracteristici mai complexe. Astfel în comunicarea sa R. E. Andeen a tratat sistemele prin impulsuri conţinînd elemente neliniare, cu ajutorul metodei planului de fază; B. Widrow a vorbit despre sistemele prin impulsuri cu autoadaptare, prezentînd un model de sistem cu „legătură inversă bazată pe criteriul calităţii".

În lucrarea lui K. Nakamura (Japonia) se propune metoda de a construi sisteme cu acţiune rapidă care asigură terminarea procesului tranzitoriu într-un singur interval de reglare.

Interesantă este lucrarea lui F. M. Kilin (U.R.S.S.) care tratează despre sistemele speciale cuprinzînd selectori de timp (amplificatori de coincidenţă);

Două referate de ansamblu au tratat despre: „Dezvoltarea teoriei instalaţiilor de tip releu în U.R.S.S." (V. N. Roghiscki) şi despre „Realizările recente în domeniul sistemelor prin impulsuri şi sistemelor digitale pentru reglarea automată" (E. I. Iurg — S.U.A.).

În domeniul problemelor teoriei statistice aplicate la studiul sistemelor de automatizare trebuie menţionate cîteva lucrări interesante.

Este vorba de lucrările „Problemele teoriei statistice a sistemelor de reglare automată" de A. A. Feldbaunn (U.R.S.S.);

„Sinteza statistică a sistemelor prin impulsuri" de V. P. Perov (U.R.S.S.);

„Analiza statistică a sistemelor de urmărire automată de J. P. Ruina şi M. E. Van Valkenburg (S.U.A.).

În concluzie, din importantele probleme prezentate în cadrul congresului se poate vedea că au fost atacate sisteme de reglare automată din ce în ce mai complexe, care sînt necesare tehnicii moderne şi că teoria reglării automate joacă un rol important punînd la îndemîna tehnicienilor metode simple pentru analiza şi sinteza acestor sisteme.

M. HANGĂNUŢ

O vizită la Institutul Electrotehnic V. I. Ulianov (Lenin) din Leningrad

CZ 621.3 : 061.6(S)

În cadrul programului de vizite tehnice organizate cu ocazia Congresului, a figurat printre altele şi Institutul Electrotehnic V. I. Ulianov (Lenin) din Leningrad. Institutul este o instituţie de învăţămînt superior avînd drept scop pregătirea de cadre specializate în 15 ramuri ale electrotehnicii şi electronicii.

Institutul a fost înfiinţat încă din anul 1886 sub forma de şcoală electrotehnică, fiind cel mai vechi institut de acest gen din Uniunea Sovietică. Aci s-au format şi au lucrat în decursul anilor savanţi ca A. S. Popov, Vologdin, Rinkeevici, Sokolov, A. V. Fremke, A. V. Fateev şi mulţi alţii.

În forma actuală institutul are 7 facultăţi, curs normal şi seral, dintre care două pregătesc specialişti pentru industrie în domeniul automaticii, telemecanicii şi automatizării industriale.

Printre specializările pe care le pot urma studenţii se numără; radiotehnică; aparate electronice; automatică şi tehnica măsurătorilor; maşina de calcul; instrumente giroscopice; electrificare; electronică industrială; electroacustică şi altele.

Învăţămîntul este astfel organizat încît în primii trei ani studenţii sînt iniţiaţi în domeniile de bază ale matematicii superioare, fizicii, electrotehnicii, etc., iar în ultimii doi ani urmează cursurile de specialitate combinate cu lucrări practice, lucrări de laborator şi proiectare.

Pentru apropierea cît mai mare a învăţămîntului de practică, studenţii din primul an lucrează trei zile pe săptămînă în fabrici, iar în ultimul an fac o practică pentru întocmirea proiectului de diplomă.

Pentru completarea studiilor, în cadrul institutului se întocmesc lucrări pentru titlurile de candidat în ştiinţe şi doctor în ştiinţe.

Institutul este dotat cu un număr impresionant de laboratoare organizate pe specialităţi. Nivelul tehnic şi ştiinţific al lucrărilor de laborator este foarte ridicat, studenţii avînd ocazie să facă cunoştinţă cu cele mai noi metode de lucru şi cuceriri ale ştiinţei. Astfel, la lucrările de electronică aplicată se studiază foarte mult folosirea tranzistorilor, iar pentru lucrările de teoria reglării automate sînt folosiţi calculatori analogici şi instalaţii de modelare moderne. În lucrările studenţilor din anul IV şi V sînt cuprinse funcţionarea şi folosirea amplidinelor, tracţiune electrică, redresori şi regulatori cu thyratroni, amplicatori magnetici etc.

Pe lîngă munca didactică Institutul se ocupă şi cu rezolvarea problemelor strîns legate de necesităţile industriei. În acest sens există o permanentă colaborare între institut şi industrie. Se poate vedea o instalaţie de defectoscopie cu ultrasunete concepută şi realizată în fază industrială în cadrul institutului. Instalaţia este destinată industriei metalurgice şi serveşte la detectarea defectelor în benzi laminate pînă la 3 m lăţime. Defectoscopul este cuplat cu un înregistrator pe bandă care înregistrează locul şi mărimea defectului descoperit.

Concluzia care se despinde în urma vizitării institutului menţionat este că automatica nu mai poate fi privită azi ca o specialitate restrînsă care poate fi însuşită de către studenţi în cadrul cîtorva cursuri cu totul generale, ci trebuie privită ca o disciplină de sine stătătoare avînd ea însăşi la rîndul ei diverse ramuri de specialitate.

MARIO DUMA

Telemecanică şi control centralizat

CZ 621.398 : 621–519

În lucrările Congresului un număr de 12 referate au fost integral consacrate problemelor de telemecanică şi control industrial centralizat, fără a socoti încă cca 5 referate în care aceste probleme erau tratate ca adiacente.

Din lucrările congresului a reieşit atît importanţa deosebită pe care o au telemecanica (telemăsura, telecomanda, telesemnalizarea, telereglarea) şi teleautomatizarea în conducerea automată a proceselor de producţie, cît şi complexitatea problemelor tehnice şi ştiinţifice care se pun în telemecanică în stadiul actual al progresului tehnic.

Dintre variatele domenii de aplicare industrială a telemecanicii, care au fost amintite în cadrul diferitelor referate şi care pot ilustra extinderea la care a ajuns astăzi telemecanica industrială, enumerăm: sistemele energetice, canalele fluviale, cîmpurile de sonde de petrol şi gaze naturale, conductele magistrale de petrol şi gaze naturale, reţelele de distribuţie a apei, combustibilului, energiei termice în gospodăria comunală, reţelele de distribuţie a energiei electrice şi termice, a combustibilului, produselor intermediare, etc. în marile întreprinderi chimice, siderurgice, ş.a., staţiile de transformare în tracţiunea electrică, reţelele de irigaţie, instalaţiile de descărcare a vaselor în porturi, camerele răcitoare în instalaţiile de congelare a alimentelor, ne mai vorbind de domeniile bine cunoscute ale telefoniei automate şi căilor ferate. În cadrul vizitelor efectuate în diferite institute din U.R.S.S. am mai văzut instalaţii de telemecanică pentru minele de cărbune, pentru dispecerizarea oţelăriilor, pentru poduri rulante şi macarale de construcţii, etc.

În referatele expuse la congres nu au fost prezentate calcule economice sau date asupra eficacităţii obţinute în industrie ca urmare a telemecanizării; totuşi, larga utilizare şi dezvoltare a telemecanicii în ţările cu potenţial industrial ridicat constituie un indiciu asupra aportului pe care telemecanica îl aduce în procesul de automatizare, asupra eficacităţii economice şi tehnice a introducerii telemecanicii în industrie, constituie un indiciu că lucrările efectuate în R.P.R. pe această linie prezintă importanţă pentru economia naţională şi trebuie dezvoltate.

Cîteva scurte observaţii în legătură cu principalele probleme tehnice care au stat pe ordinea de zi a congresului în legătură cu telemecanica şi controlul centralizat.

În primul rînd, se constată tendinţa de grupare a variatelor cazuri de aplicare industrială a telemecanicii în structuri tipice, şi de tipizare a metodelor de transmitere a informaţiei, adecvate diferitelor structuri şi diferitelor tipuri de canale de telecomunicaţie. Astfel, s-a confirmat încă odată împărţirea instalaţiilor telemeca-

nizate în instalaţii cu obiective concentrate şi instalaţii cu obiective dispersate, constatîndu-se o apropiere a vederilor specialiştilor asupra metodelor de utilizat în diferitele cazuri (fără să se ajungă la o identitate de vederi).

Astfel, în domeniul obiectivelor concentrate, în cazurile în care problema rezistenţei la perturbaţii sau a simplităţii aparaturii nu este hotărîtoare, utilizarea metodelor de impulsuri este unanim acceptată. La congres, a căpătat de asemenea o acceptare aproape unanimă utilizarea metodelor de tip continuu şi cu frecvenţe în cazul obiectivelor cu dispersare pronunţată. Disputa ştiinţifică continuă pentru cazurile intermediare, concentrat-dispersate, în care sînt controlate telemecanic obiective dispersate, dar la fiecare obiectiv se transmite un număr mai ridicat de comenzi. Din referatele şi discuţiile purtate a reieşit că clasa obiectivelor dispersate, deşi nu reprezintă o varietate mare de cazuri distincte, constituie un consumator de masă de aparatură şi justifică realizarea unor soluţii specifice.

Larga dezvoltare a telemecanicii în cele mai variate domenii industriale face actuală unificarea şi normalizarea construcţiilor de aparatură, deocamdată în special pentru clasa obiectivelor concentrate, pe bază de blocuri unificate sau de circuite, elementare şi complexe, unificate, precum şi unificarea parametrilor de intrare şi ieşire a blocurilor. Este de remarcat că am susţinut acest punct de vedere pentru domeniul telemăsurii încă în 1957 la a doua consfătuire naţională asupra automatizărilor industriale din R.P.R., cu argumente şi concluzii similare celor care au fost prezentate la acest congres.

De asemenea, a reieşit importanţa realizării unor instalaţii de telemăsură complexe, capabile să manevreze şi să prelucreze informaţii de diferite tipuri — în formă continuă sau discretă, de la mică sau mare distanţă, cu cuplare şi interconectare la maşini de calcul. La congres s-a putut constata progresul rapid în construcţia sistemelor de telemăsură cu cod de impulsuri şi în aplicarea lor pe scară industrială. Totuşi, este de remarcat că aparatura aferentă este încă mult mai complexă şi mai costisitoare decît în cazul celorlalte sisteme de telemăsură, şi se justifică deocamdată în special în instalaţii complexe sau ciclice, în care o serie de circuite relativ ancombrante — distribuitoare ş.a. — au funcţiuni multiple. În cadrul discuţiilor ne-am asociat punctului de vedere conform căruia, în perioada de dezvoltare a tehnicii care poate fi întrevăzută astăzi, sistemele de telemăsură de tip continuu vor continua să aibă utilizare de masă, şi trebuie dezvoltate în paralel cu progresele care se fac în domeniul telemăsurii de cod.

Un domeniu adiacent telemecanicii, propriuzis care utilizează metodele telemecanicii fără să fie adesea vorba de transmisie la distanţe mari, şi care s-a evidenţiat la congres ca foarte actual, îl constituie instalaţiile de centralizare ciclică a rezultatelor măsurătorilor. Actualitatea acestei chestiuni a putut fi constatată atît din interesul deosebit cu care a fost urmărită şi discutată o comunicare prezentată la congres în această direcţie, cît şi din atenţia care am constatat că se acordă realizării de astfel de instalaţii în institutele pe care le-am vizitat.

O chestiune care a preocupat mult pe participanţii la congres şi a revenit adesea în cadrul întrebărilor şi discuţiilor pe marginea diferitelor comunicări a fost cea a elementelor de comutaţie statică care trebuie considerate de preferat în construcţia aparaturii. La congres s-au prezentat instalaţii realizate cu tranzistori, cu ferite-tranzistori şi ferite-diode, diode şi rezistenţe (aceasta în domeniul unui sistem de blocuri de comandă secvenţială), triode cu catodă rece (în domeniul telefoniei automate); s-a discutat despre transfluxori, pelicule magnetice, parametroni. Este interesant de subliniat că chiar specialişti care şi-au axat activitatea de ani de zile pe utilizarea unor relee fără contacte de anumite tipuri au evitat în cadrul discuţiilor să ia o poziţie fermă şi să afirme categoric că elementele respective sînt cele mai avantajoase. În cadrul uneia din dezbateri în care s-au comparat circuitele cu tranzistori şi diode, parametronii şi peliculele magnetice, a fost dat un grafic, care a fost acceptat de oponenţii din discuţie, şi din care reiese că circuitele cu tranzistoare şi diode sînt avantajoase la un număr mic de variabile, costul lor crescînd rapid cu numărul de variabile, în timp ce parametronii şi mai ales peliculele magnetice prezintă un cost incipient ridicat, dar o pantă de creştere a acestui cost cu numărul de variabile redusă.

Cît priveşte compararea între circuitele cu tranzistori şi cele ferită-tranzistor şi ferită-diodă, a reieşit robusteţea mai mare a circuitelor cu ferite, avantaje pe linia simplităţii tehnologice în stadiul actual al circuitelor cu tranzistori, dar, încă o dată, nimeni nu a fost categoric; tehnologia progresează rapid în toate domeniile.

Cîteva cuvinte despre aspectele teoretice ale telemecanicii dezbătute la congres, fără referire la lucrările de teorie a structurii circuitelor, prezentate în altă comunicare.

În cadrul secţiei 1.7 de teorie au fost prezentate lucrări referitoare la rezistenţa la perturbaţii şi economicitatea de transmitere (eficacitatea) telemăsurii. Aceste lucrări au avut ca obiect aplicarea creatoare a teoriei informaţiei în condiţiile proprii telemăsurii. Specificul informaţiei telemecanice şi al condiţiilor constructive ale aparaturii de telemecanică necesită elaborarea unor teze noi, valabile în condiţiile telemecanicii, adesea fără conţinut în domeniul telecomunicaţiilor. De asemenea, este necesară

reconsiderarea anumitor puncte de vedere şi a anumitor concluzii pe care teoria informaţiei le-a stabilit pentru domeniul telecomunicaţiilor; şi într-adevăr, această reconsiderare duce la concluzii noi, totodată se deschid perspective de realizare a unor aparate de telemăsură utilizînd metode principial noi.

În cadrul referatului care a tratat stabilitatea la perturbaţii s-a făcut o analiză comparativă aprofundată a diferitelor tipuri de modulaţie utilizate în telemăsură, în condiţiile a diferite nivele de perturbaţii; s-au prezentat rezultate obţinute în studiul experimental al perturbaţiilor ce au loc în canalele de telecomunicaţie utilizate în telemecanică.

În cadrul referatului despre economicitatea de transmisie a informaţiei în telemăsură între altele am enunţat principiile de funcţionare a unor aparate cu delta-modulaţie cu corecţie ciclică, aparate cu bandă variabilă, aparate cu precizie variabilă, precum şi instalaţii cu descentralizare a calculelor de optimalizare — toate acestea pentru cazul complexelor tehnologice mari, cu fluxuri de informaţie ridicate.

Şi alte referate, prezentate în cadrul secţiilor de componente, au abordat de asemenea probleme teoretice, cum ar fi referatul privitor la metodele de transmitere a informaţiei şi structura sistemelor de telemecanică pentru obiective dispersate, despre care s-a vorbit mai sus şi un referat consacrat enunţării unor criterii informaţionale de comparare a diferitelor sisteme de telemăsură.

*

În continuare, se trec pe scurt în revistă unele aspecte sesizate în cadrul vizitelor pe care le-am efectuat cu prilejul congresului.

Laboratorul de telemăsură şi radiotelemecanică şi laboratorul de telemecanică de tip discret, ambele din cadrul Institutului de Automatică şi Telemecanică al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S., constituie, după părerea noastră, vîrful ştiinţei mondiale în domeniul telemecanicii industriale; ele îmbină cercetarea teoretică asupra principiilor şi metodelor cunoscute de telemecanică cu elaborarea de noi principii de funcţionare a aparatelor de telemecanică şi cu realizarea practică, în strînsă conlucrare cu o serie întreagă de institute departamentale şi întreprinderi, a noilor tipuri de aparate de telemecanică.

În laboratorul de telemecanică discretă, care a fost cu ani în urmă promotorul realizării de instalaţii de telecomandă — telesemnalizare cu relee fără contacte, se elaborează în prezent o serie unitară de blocuri pentru o instalaţie complexă de telemecanică de uz general, în variante pentru alimentarea sincronă şi autonomă, pentru canale de telecomunicaţie afectate şi canale de frecvenţă, pentru transmisie de mărimi în formă discretă şi pentru mărimi în formă discretă şi continuă, pentru obiective concentrate şi pentru obiective concentrat-dispersate. De asemenea ni s-a prezentat un dispozitiv de programare în timp bazat pe funcţionarea concomitentă a mai multor distribuitoare cu numere diferite de elemente în lanţ.

Despre lucrările teoretice care se efectuează în secţia din care face parte acest laborator relatează altă expunere.

Laboratorul de telemăsură şi radiotelemecanică efectuează cercetări în problemele rezistenţei la perturbaţii şi eficacităţii transmisiei informaţiei, robusteţei aparaturii, precum şi în direcţia elaborării de noi principii de funcţionare a aparaturii. O mare pondere în lucrările laboratorului o au în prezent problemele sistemelor cu obiective dispersate, de la cercetările referitoare la structura sistemelor la determinarea celor mai adecvate principii de modulaţie şi elaborarea de noi tipuri de aparate pentru acest scop, punînd accentul pe simplitatea şi robusteţea maximă. În cadrul laboratorului ne-a fost prezentată o instalaţie de radiotelecomandă pentru macarale, o instalaţie complexă de telemecanică pentru conducte magistrale de gaze, noi tipuri de sisteme de telemăsură cu frecvenţă de impulsuri, o instalaţie de telemăsură cu durată de impulsuri cu precizie variabilă în timp.

Am vizitat de asemenea Institutul de Automatică din Kiev al C.S.P. al R.S.S. Ucrainiene.

Institutul se ocupă de automatizarea următoarelor ramuri industriale: siderurgie, chimie, cărbune, mine, energetică, gaze naturale, petrol; începe să lucreze în domeniul automatizării în construcţia de maşini.

Institutul cuprinde peste 40 laboratoare, o uzină experimentală (care produce aparatură), cîteva filiale pe lîngă unele mari întreprinderi siderurgice, chimice etc.

Circa jumătate din laboratoare sînt laboratoare de automatizare (în general profilate pe ramuri industriale) şi jumătate — laboratoare constructoare de aparatură. Laboratoarele de automatizare cercetează procesele tehnologice la faţa locului, elaborează descrierea matematică a proceselor, elaborează schemele principiale de automatizare, elaborează elementele şi aparatura specifică, (am constatat că construcţia de aparatură are o pondere foarte mare şi în laboratoarele de automatizare). Laboratoarele de aparate elaborează noi aparate de uz mai general — traductoare, regulatoare, analizatoare, dispozitive de calcul, etc.

Dintre numeroasele lucrări realizate în scurtul timp trecut de la organizarea institutului şi care ne-au fost prezentate citäm:

Dispozitiv de comandă cu program pentru tăierea autogenă (se programează conturul decupării).

Instalaţie de telemecanizare pentru cîmpuri de sonde de gaze naturale.

Instalaţie de telemecanizare pentru conducte de gaze naturale.

Dispozitiv de numărare a vagonetelor cu ajutorul marcajului magnetic.

Dispozitiv de calcul pentru automatizarea calculelor de dispecer în sistemele energetice.

Dispozitiv de calcul numeric pentru automatizarea analizei soluţiilor.

Dispozitiv analog de calcul pentru soluţionarea ecuaţiilor echilibrului termic.

Autooperator — dispozitiv ciclic de măsură şi reglare.

Autodispecer — dispozitiv de calcul conectat la autooperator.

Complex pentru conducerea automată a regimurilor termice ale cuptoarelor Siemens-Martin.

Diverse relee de timp electronice, de semnalizare etc.

Diverse dispozitive de măsurare cu izotopi radioactivi (pt. grosimi, concentraţii, nivele).

Regulator al activităţii streptomicinei, bazat pe variaţia de polarizare a luminii.

Aparate de măsură şi reglare pentru o linie de caprolactamă.

Diverse traductoare, regulatoare specializate, semnalizatoare pentru diferite mărimi neelectrice, bazate pe utilizarea ultrasunetelor, sunetelor, absorbţiei de înaltă frecvenţă, inducţiei electromagnetice etc.

Au fost vizitate laboratoarele: de automatizare a producţiei de oţel, de automatizare a furnalelor, de prelucrare a informaţiilor (în acesta din urmă, pentru uzul lucrărilor institutului, se află cinci diferite maşini de calcul de tip analog şi o maşină numerică de tip „Ural").

Institutul editează buletinul periodic „Automatizarea şi construcţia de aparataj", precum şi prospecte pentru aparatele realizate.

Tot în Kiev am vizitat Institutul Politehnic, catedrele de Automatică şi Telemecanică şi de Aparate electrice de măsură care funcţionează în cadrul Facultăţii de electrotehnică a institutului. Tot acolo funcţionează şi o catedră de maşini de calcul. Este de observat că din anul şcolar 1960—1961 se organizează o Facultate de automatică şi construcţii de aparataj, pentru care este deja construită o clădire specială şi este în curs dotarea laboratoarelor.

Facultatea — ca şi actualele catedre amintite, pe care le va cuprinde — va fi profilată în formarea de ingineri constructori de dispozitive de automatizare, măsură şi calcul, cu pregătirea corespunzătoare în automatică, telemecanică, electrotehnică, electronică, mecanică fină etc.

Facultatea va cuprinde şi o catedră de automatică generală, care va organiza pregătirea în automatică a studenţilor celorlalte facultăţi ale institutului, nespecialişti în automatică.

În fine, voi relata asupra vizitei făcute la CTE nr. 20 din sistemul Mosenergo, ale cărei instalaţii termice sînt integral dotate cu noi tipuri de regulatoare, realizate în întregime cu tuburi electronice şi amplificatoare magnetice. Am remarcat în prospectul regulatoarelor timpul de integrare de 3 000 min şi — pe linie diferită de automatizare — aspectul cu totul neobişnuit al sălii cazanelor, în care toate conductele sînt îmbrăcate, peste izolaţia termică, în ţevi de tablă galvanizată, ceea ce contribuie la mărirea termenului de serviciu al izolaţiei termice dar, mai ales, face ca aspectul general al sălii cazanelor să nu difere mult de cel al sălii maşinilor din punct de vedere al curăţeniei şi îngrijirii.

MARIANA NEDELCU

Teoria algebrică a schemelor cu funcţionare discretă

CZ 621—521

Problemele ridicate la acest Congres au arătat stadiul actual al cercetărilor în ceea ce priveşte aplicarea algebrei booleene la analiza şi sinteza schemelor electrice cu contacte şi relee şi a schemelor cu tuburi electronice, tranzistoare, elemente magnetice, criotroni etc. S-a discutat necesitatea de a introduce în calcul toate condiţiile funcţionării reale a unei scheme, problema stabilităţii şi a siguranţei în funcţionare. În cazul sintezei, s-a avut în vedere problema minimului de elemente necesare într-o schemă, pentru o funcţionare dată. De o deosebită importanţă este transcrierea în calcul a tuturor condiţiilor tehnice de funcţionare. Metodele utilizate au fost variate şi găsirea metodei celei mai adecvate unei probleme date, a fost una dintre preocupările secţiei.

Primul referat a fost al lui V. N. Roghinski (U.R.S.S.), care a arătat „Dezvoltarea teoriei circuitelor cu relee în U.R.S.S.".

În referat, se arată că primul care a avut ideea posibilităţii aplicării algebrei logicii la studiul circuitelor cu contacte şi relee a fost fizicianul rus Erenfertt în 1910. Pentru prima

dată în 1938, Şestakov în U.R.S.S. şi Shannon în S.U.A., independent unul de altul, au aplicat instrumentul matematic al algebrei booleene în studiul circuitelor cu contacte şi relee, creînd astfel o nouă disciplină de largă aplicabilitate în zilele noastre.

În această teorie, în U.R.S.S. s-au studiat trei categorii de probleme şi anume :

a) analiza cu ajutorul calculului a funcţionării unei scheme cu o structură dată ;

b) problema echivalenţei schemelor la transformări care păstrează condiţiile date de funcţionare ;

c) probleme de sinteză : fiind date condiţiile de funcţionare ale schemei, să se realizeze schema.

Referatul citează în special lucrările lui Gavrilov, Şestakov, Roghinski, Lunţ, Povarov, Lazarev, Trahtenbrot, Parhomenko, Ostianu.

Metodele care s-au dat au fost sub forma formulelor algebrice, sub formă de tablouri, metoda matricială pentru schemele în puncte, sau metode care utilizează teoria grafurilor.

În studiul schemelor s-a avut în vedere stabilitatea şi siguranţa în funcţionare a circuitelor analizate.

În realizarea sintezei circuitelor se pune problema minimului de elemente.

În ceea ce priveşte minimizarea numărului de contacte, problema este rezolvată pentru schemele serie paralel, cînd formula de structură are forma normală. Problema minimizării numărului de relee este rezolvată parţial.

Se dau metode matriciale şi grafice pentru studiul minimizării în cazul schemelor de multipoli (p, k).

S-au dat de asemenea metode de aplicare teoriei schemelor cu relee la cazul schemelor fără contact.

Al doilea referat a fost al acad. Gr. C. Moisil, care a tratat despre „Sinteza circuitelor cu relee şi contacte sau cu elemente electronice".

Referatul are drept scop de a expune lucrările autorului şi ale colectivului pe care îl conduce. În ceea ce priveşte studiul schemelor cu contacte şi relee, sînt citate cărţile academicianului Gr. C. Moisil „Teoria algebrică a mecanismelor automate" şi „Scheme cu comandă cu contacte şi relee", în care se găsesc tratate principalele probleme. În comunicare se pune în evidenţă în special studiul schemelor cu tuburi electronice, tranzistoare, criotroni, elemente magnetice etc.

În analiza şi sinteza schemelor fără contacte, acad. Gr. C. Moisil a introdus calculul cu funcţiile lui Sheffer. Acesta dă o metodă sistematică de sinteză şi pune în evidenţă numărul de elemente utilizate în schemă, ceea ce este necesar în problemele de minimizare.

Metoda ecuaţiilor caracteristice date de acad. Gr. C. Moisil permite studierea funcţionării schemelor în timp.

În funcţionarea reală a schemelor cu contacte şi relee, trebuie ţinut seama de poziţia intermediară a unui contact, cînd cel de închidere nu este închis şi cel de deschidere este deschis. În acest caz acad. Gr. C. Moisil a aplicat logica trivalentă.

S-au studiat elemente speciale ca : relee polarizate, comutatorul pas cu pas etc., precum şi probleme de hazard static şi dinamic în funcţionarea schemelor, condiţii de stabilitate şi siguranţă în funcţionare.

În cadrul discuţiilor acestui referat, prof. V. I. Şestakov a spus printre altele :

„Cu toate că lucrările din teoria schemelor cu relee au început să fie publicate în R.P.R. relativ de curînd, din anul 1954, totuşi ca număr de lucrări publicate în acest domeniu, R.P.R. ocupă în prezent primul loc printre ţările europene, după U.R.S.S. Din momentul apariţiei lor, lucrările oamenilor de ştiinţă romîni din acest domeniu au atras atenţia specialiştilor sovietici.

Consider necesar să observ că lucrările seminarului nostru de aplicaţiile tehnice ale logicii matematice au început în toamna lui 1955 cu o serie de expuneri în care erau prezentate lucrările acad. Gr. C. Moisil şi ale elevilor săi. Aceste lucrări au concentrat atenţia noastră asupra lor prin faptul că în ele, pentru analiza şi sinteza schemelor cu relee, în afară de algebra booleană, care în acest scop era utilizată şi înainte, se utilizau de asemenea şi alte domenii ale matematicilor, anume corpurile finite ale lui Galois şi logicile multivalente, şi în particular logicile lui Lukasiewicz".

Mai înainte aceste domenii ale matematicilor nu erau utilizate în teoria schemelor cu relee. Lucrările oamenilor de ştiinţă romîni, anume ale acad. Gr. C. Moisil şi ale elevilor săi, au prezentat interes pentru noi, şi prin aceea că în ele erau studiate pentru prima dată schemele cu relee, cu butoane reale, şi cu contacte reale. Aproape toate lucrările oamenilor de ştiinţă romîni în domeniul schemelor cu relee sînt recenzate în „Referativnîi Jurnal Matematika". Actualmente se traduce în limba rusă şi este pregătită pentru tipar cartea acad. Gr. C. Moisil „Teoria algebrică a mecanismelor automate".

Al treilea referat expus a fost al prof. dr. M. A. Gavrilov din U.R.S.S. despre „*Prisosul structural şi siguranţa în funcţionare a schemelor cu relee*".

Lucrarea se concentrează asupra problemei de a construi o reţea cu circuite cu relee cu un grad predeterminat de siguranţă în funcţionare. Condiţiile de funcţionare ale reţelei sînt de aşa natură, încît realizează un algoritm de control care caracterizează erorile de funcţionare ale unui număr specific de elemente interioare. Aceasta implică determinarea numă-

rului minim necesar de elemente interioare şi structura circuitului.

Se ştie că siguranţa transmiterii informaţiei se efectuează prin introducerea de componente de semnale adiţionale care nu sînt necesare pentru o transmisie în afara distorsiunilor, dar permit să distingem semnalul corect de cel distorsionat.

Şi în cazul de faţă problema se soluţionează în mod similar. Se introduc elemente adiţionale care în absenţa deranjamentelor nu sînt necesare pentru executarea algoritmului de control.

Pentru un grad de erori dat se construieşte un algoritm care determină numărul minim de elemente adiţionale necesare, precum şi structura schemei.

Comunicarea se încheie cu exemple concrete de sinteză.

Al patrulea referat a fost al prof. H. Zemanek, din Austria şi anume: „Logica şi teoria informaţiei pentru circuitele cu funcţionare în mai mulţi timpi".

Referatul utilizează intervalul de timp cuantificat în cadrul algebrei booleene. Relaţiile fundamentale sînt : negaţia, disjuncţia, conjuncţia şi întîrzierea unitară. Toate variabilele şi funcţiile devin serii temporale binare. Considerînd seriile temporale de la intrare ca procese stohastice, se uşurează aplicarea teoriei informaţiei. Se poate măsura debitul de informaţie care traversează un circuit.

O clasă specială de circuite, care este luată în consideraţie, o formează aşa numitele circuite care comportă bucle de reacţii logice, de exemplu cînd una dintre variabilele de intrare reprezintă ieşirea unei reţele de comutare cu întîrziere. Astfel de reţele se pot comporta ca memorie. Teoria construită poate descrie comportarea lor.

Rezultatele obţinute sînt pur teoretice şi arată calea care trebuie urmată în construcţia circuitelor de automatizare de înaltă securitate.

Ultimul referat în acest domeniu a fost a lui V. G. Lazarev şi P. P. Parhomenko, din U.R.S.S., intitulat: „Maşinizarea proceselor de analiză şi sinteză a structurii schemelor cu relee".

Referatul relatează despre cele două maşini de analiză şi sinteză care s-au construit şi care pot fi văzute la Institutul de automatică şi telemecanică al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S.

Maşina de analiza schemelor cu contacte şi relee realizează schema de cercetat, avînd în locul releelor şi al elementelor executive becuri, care se aprind în funcţionare. Programul se execută manual sau automat şi se urmăreşte funcţionarea după aprinderea becurilor.

Maşina de sinteză utilizează o metodă grafică dată de V. N. Roghinski şi construieşte schemele cu cel mult patru relee. Condiţiile de lucru se introduc sub formă numerică pe o cartotecă specială. Rezultatul sintezei este arătat pe un ecran luminos. Maşina realizează schema cu minimum de relee.

S-au construit diferite tipuri de astfel de maşini. De la una la alta s-a mărit viteza de lucru.

În referat, sînt semnalate şi alte maşini şi anume, una de simplificare a circuitelor, a lui Shannon şi Moore, şi o maşină semiautomată de sinteza schemelor cu relee, făcută de A. Svoboda în Republica Socialistă Cehoslovacă.

În U.R.S.S., prima maşină de analiză s-a construit în 1957 la Institutul de automatică şi telemecanică al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S., de către Parhomenko, sub direcţia prof. M. A. Gavrilov.

Primul model de maşină de sinteză a fost construit de un grup de cercetători sub direcţia lui V. N. Roghinski; ultimul model a fost construit sub direcţia lui V. G. Lazarev şi V. N. Roghinski.

Modelele de lucru ale maşinilor de analiză şi sinteză împreună cu alte instrumente de automatizare au luat marele premiu la Expoziţia Tîrgului Internaţional de la Bruxelles în 1958.

Maşina a fost expusă şi la expoziţia U.R.S.S. de la Bucureşti.

Toate referatele au fost urmate de numeroase discuţii.

Într-o şedinţă ulterioară a subcomisiei de Teorie şi anume de Aplicaţiile algebrei booleene la schemele cu contacte şi relee, s-au discutat şi aprobat următoarele direcţii de cercetare în acest domeniu :

1. Elaborarea unui nou mod de scriere a condiţiilor de lucru care să permită o trecere comodă de la această înscriere la tabela stărilor.

2. Repartizarea stărilor.

3. Algoritmul de minimizare utilizat, în special formarea de paranteze.

4. Algoritmul pentru construirea structurilor în punte.

5. Algoritmele (nu cele mai perfecte) care micşorează numărul de încercări.

6. Siguranţa în funcţionarea schemelor cu relee.

7. Minimizarea.

8. Scheme cu relee, automatele, automatele finite, reţele logice.

Metode de sinteza structurilor de tip special.

În timpul discuţiilor care au avut loc, a reieşit net colaborarea strînsă care există între colectivul de cercetători condus de prof. dr. M. A. Gavrilov din U.R.S.S. şi colectivul condus de acad. Gr. C. Moisil în R.P.R. Această colaborare s-a manifestat prin schimb de lucrări, de informări ştiinţifice reciproce, schimb de cercetători şi planuri ştiinţifice de colaborare între Institutul de automatică şi telemecanică al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S. şi Institutul de matematică al Academiei R.P.R.

Această colaborare este utilă activităţii ştiinţifice a ambelor colective.

După terminarea lucrărilor Congresului, acad. Gr. C. Moisil, la invitaţia savanţilor sovietici, a ţinut o conferinţă publică în cadrul Muzeului Politehnicii din Moscova, despre „Automatizarea ştiinţei şi ştiinţa automatizării". Conferinţa a fost urmată de interesante discuţii.

În cadrul seminarului, prof. dr. M. A. Gavrilov de la Institutul de automatică şi telemecanică al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S. din Moscova şi la invitaţia d-sale au ţinut cîte o comunicare privind cercetările lor în domeniul Teoriei algebrice a mecanismelor automate: Mariana Nedelcu despre „Probleme de hazard în cazul circuitelor electronice" şi Constantin Popovici „Asupra analizei şi sintezei schemelor cu funcţionare în mai mulţi timpi". Comunicările au fost urmate de lungi discuţii.

Lucrările Congresului au fost de un real folos cercetătorilor ştiinţifici şi inginerilor din ţara noastră care lucrează în domeniul automatizării. Ele au scos în evidenţă ultimele realizări ale ştiinţei şi tehnicii şi indică noile direcţii de lucru în acest domeniu.

Actualitatea şi importanţa automatizării pentru ţara noastră este arătată de Directivele celui de al treilea Congres al P. M. R. Astfel, se arată că: „*Cercetarea ştiinţifică este chemată să dea o contribuţie importantă la introducerea tehnicii noi şi la soluţionarea problemelor tehnico-economice pe care le ridică dezvoltarea economiei naţionale* (Directivele Congresului al III-lea al P.M.R.).

Din lucrările secţiei 1—7 de „Teoria structurilor şi semnalelor" s-a constatat că activitatea ştiinţifică din ţara noastră, condusă de acad. Gr. C. Moisil, în domeniul „Teoriei algebrice a schemelor cu funcţionare discretă" este de un înalt nivel ştiinţific şi reprezintă o contribuţie esenţială în elaborarea metodelor de analiză şi sinteză pentru cazul schemelor cu funcţionare de releu. Lucrările romîneşti sînt cunoscute şi apreciate peste hotare. Ele se încadrează în linia de cercetare trasată de concluziile secţiei de teorie a Congresului.

Sarcina noastră este de a elabora metode cît mai precise necesare în proiectare.

În acest scop, de un real folos ne este planul de colaborare ştiinţifică încheiat între Institutul de automatică şi telemecanică al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S. şi Institutul de matematică al Academiei R.P.R.

V. TOMA

Maşinile electronice de calcul

CZ 681.142 - 523.8

In cele ce urmează ne vom referi la folosirea calculatorilor electronici sau a unor elemente componente ale acestora în sistemele automate, în lumina lucrărilor Congresului.

În privinţa elementelor componente a reieşit că acestea sînt studiate după informaţia controlată; astfel au fost studiate componentele care transmit informaţia, care prelucrează informaţia şi elementele finale ale sistemului automat. Este interesant de subliniat că s-a acordat o atenţie deosebită nu numai elementelor electronice care intervin într-un calculator, ci de asemenea elementelor hidraulice, pneumatice, electrice şi magnetice subliniindu-se importanţa şi avantajele specifice fiecăruia. Pe baza fiecărei categorii dintre cele enumerate, s-au realizat atît elemente logice cît şi circuite de numărare, generatori, scheme de reacţie etc.

De exemplu, cu ocazia vizitei la Institutul de automatică şi telemecanică din Moscova au fost prezentate circuite logice, elemente de memorie, de diferenţiere şi integrare, generatori de frecvenţă joasă, numărători, precum şi alte elemente ale unui calculator executate fie pe bază hidraulică, fie pe bază pneumatică, insistîndu-se asupra faptului că folosirea acestor elemente este recomandabilă în multe locuri, de ex. în încăperile unde este pericol de explozie, sau în controlarea acelor procese în care nu se cere un timp de răspuns prea scurt, în schimb se insistă asupra unei mari siguranţe de funcţionare.

În secţia de componente s-a remarcat prezentarea unui nou tip de calculator, care lucrează cu valori discrete de timp, în loc de spaţiu, iar soluţia obţinută apare sub forma unor paşi discreţi în timp.

În privinţa calculatorilor electronici, s-a subliniat eficacitatea controlului centralizat al proceselor cu ajutorul acestui tip de calculatori; de exemplu, în industria chimică, la distilări. S-a discutat siguranţa de funcţionare şi posibilităţile de îmbunătăţire a construcţiei acestora. S-a arătat de asemenea că în multe sisteme de control automat apar şi elemente mixte: de exemplu, informaţia este transmisă de la traductor pe cale pneumatică sau electrică — în acest caz întrebuinţîndu-se curentul electric continuu — ea este apoi transformată în impulsuri şi aplicată calculatorului, care dă comenzile ne-

cesare. Este de asemenea important de remarcat faptul că un proces automat controlat cu ajutorul unui calculator electronic este optimalizat numai într-o regiune de $\pm 5\%$ astfel că în cazul unui deranjament al calculatorului procesul nu se întrerupe pe timpul remedierii acestuia, ci procesul continuă, fără să fie optimalizat. Se consideră totuşi că folosirea calculatorului electric apare justificată din punct de vedere economic chiar dacă domeniul de optimalizare a sistemului este atît de restrîns.

S-a insistat de asemenea asupra avantajelor folosirii semiconductorilor şi amplificatorilor magnetici, precum şi a folosirii tehnicilor noi ale circuitelor imprimate şi a miniaturizării montajelor.

Calitatea unei instalaţii automatizate pe baza unui calculator este determinată de următorii factori : economia realizată, costul investiţiilor şi siguranţa funcţionării întregului ansamblu de control automat. În funcţie de acestea se determină un factor de calitate al instalaţiei.

În privinţa problemelor de perspectivă care urmează a fi studiate au fost citate : problema controlului automat cu mai multe canale, studiul sistemelor cu auto-ajustare şi studiul sistemelor cu auto-educare, arătîndu-se astfel apropierea de maşinile cibernetice.

În general, au fost prezentate la Congres comunicări cu privire la calculatorii electronici care au fost incluşi într-o instalaţie automată, pentru reglarea automată a unui proces industrial. Astfel a fost prezentată o comunicare cu privire la un calculator japonez funcţionînd în baza 3 (cu elemente ternare), informaţia respectivă fiind reprezentată printr-un plus pozitiv, un plus negativ sau prin absenţa oricărui impuls. A fost prezentată de asemenea o descriere a unui calculator electronic polonez construit special pentru controlul proceselor tehnologice. Au existat totuşi şi excepţii, de exemplu, o comunicare austriacă în care s-au descris caracteristicile unei maşini electronice tranzistorizate construită la Viena, fără ca totuşi aceasta să fi fost folosită pentru controlul automat.

Într-una din comunicările prezentate la şedinţa de închidere s-a insistat asupra necesităţii adoptării unei terminologii unificate, a unor definiţii comune şi a unei reprezentări grafice prin simboale comune, iar într-o discuţie particulară cu delegatul polonez Lukasiewicz, acesta a arătat că în Polonia se pregăteşte un lexic comun de programare automată a maşinilor electronice care să fie discutat şi adoptat în toate ţările de democraţie populară.

Printre numeroasele vizite cu caracter ştiinţific organizate, două au avut ca obiect calculatorii electronici şi anume : vizitarea Centrului de calcul al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S. unde au fost prezentate maşinile electronice BESM-2 şi URAL-1, precum şi vizitarea Centrului de calcul al Academiei de Ştiinţe Ucraineene din Kiev.

Maşina electronică BESM-2 reprezintă o versiune industrială a maşinii BESM-1 realizată la Institutul de mecanică de precizie şi tehnică a calculelor al Academiei de Ştiinţe, sub conducerea acad. S. Lebedev. Prototipul maşinii BESM-2 a fost executat în anul 1959. Este o maşină de tip paralel care lucrează cu numere cu virgula mobilă. Acestea sînt reprezentate printr-o mantisă din semn şi 32 cifre binare şi un exponent format din semn şi 5 cifre binare. Se foloseşte o memorie cu ferite pentru 2 048 adrese cu timpul de acces de 10 microsecunde. În plus, maşina are doi cilindri magnetici, montaţi orizontal, fiecare avînd o capacitate de 5 128 numere. Se folosesc de asemenea 4 dispozitive de intrare cu benzi magnetice, avînd fiecare cîte o capacitate de 30 000 numere. Intrarea se face cu ajutorul cartelelor perforate, cu o viteză de 20 cifre pe secundă, iar ieşirea fie pe cartele perforate, cu viteza de 10 cifre pe secundă, fie pe un dispozitiv de tipărire în linie, cu o viteză de 20 cifre pe secundă. Timpul necesar efectuării unei adunări, inclusiv normalizarea numerelor care intervin este de 70 microsecunde, iar timpul pentru o înmulţire sau o împărţire este de 230 microsecunde. În felul acesta se realizează o viteză medie de lucru de 8—10 000 operaţii pe secundă, viteză care iese în evidenţă numai în cadrul problemelor mai lungi, în care nu intervin citiri sau scrieri de date.

Maşina este echipată cu tuburi electronice, de tip octal (6 N 8, 6 T 4, 6 P 3 etc.) avînd în total un număr de 4 000 tuburi şi 5 000 diode cu germaniu. Puterea instalată este de 35 kW.

Se foloseşte un sistem de instrucţiuni cu 3 adrese, reprezentînd adresele celor două numere care intervin în calcul şi adresa instrucţiunii următoare. În total sînt 31 instrucţiuni, între care 6 operaţii aritmetice şi 9 operaţii logice.

Generatorul interior al maşinii emite un semnal cu o frecvenţă de lucru de 400 kHz ; pentru profilaxie aceasta poate fi mărită pînă la 440 kHz. În acelaşi scop, tensiunile de alimentare, care sînt stabilizate, pot fi variate în limite de 3%.

Maşina funcţionează în regim de 24 ore zilnic. Dintre acestea un număr de 9 ore sînt rezervate pentru control şi întreţinere, iar 15 ore pentru calcule utile.

Verificarea maşinii constă în rularea unor programe de control care permit identificarea punctelor defecte. Întrucît toată maşina este construită în blocuri mici de 2—4 tuburi, în momentul localizării unui defect se înlocuieşte subansamblul respectiv cu o unitate de rezervă. Un difuzor poate fi montat în diferite puncte şi permite o apreciere „auditivă" a funcţionării maşinii.

O altă maşină prezentată la Centrul de calcule al Academiei de Ştiinţe este maşina URAL-1. Aceasta este o maşină fabricată în serie la fabrica din Pensa. Ea lucrează în sistemul binar, numerele fiind reprezentate prin semn şi 35 cifre binare, iar echivalentul zecimal prin 9 cifre.

Memoria folosită este constituită dintr-un cilindru magnetic cu 1 024 numere şi cu un timp mediu de acces de 5 milisecunde, datorit rotirii cu 6 000 ture pe minut. Un sistem special de termostat şi de apropiere a capetelor pe măsura încălzirii maşinii permite realizarea unei distanţe de 10 microni între capetele de citire şi stratul magnetic.

Maşina lucrează cu virgula fixă şi realizează o viteză medie de lucru de 100 operaţii cu o singură adresă pe secundă.

În afara memoriei cu cilindru magnetic, sînt prevăzute 2 sisteme de memorie pe film de 35 mm, care este rulat în circuit închis cu o viteză de cîţiva metri pe secundă. Pe o asemenea bandă de film este depus un strat de oxid de fier pe care pot fi înregistrate 40 000 numere. Pentru sincronizare şi pentru diferite puncte de reper se întrebuinţează perforaţii pe film.

Frecvenţa generatorului interior este de 7 kHz.

Introducerea se face pe cartele perforate sau pe bandă perforată.

Din discuţiile avute cu delegaţii am aflat că realizarea cea mai interesantă a centrului de calcul din Kiev este maşina electronică Kiev, maşină de tip paralel, lucrînd în sistemul binar şi realizînd o viteză medie de 5 000—6 000 operaţii pe secundă.

Am vizitat de asemenea, laboratorul de calcul al Observatorului Astronomic de la Pulkovo, în apropiere de Leningrad. În prezent, laboratorul este dotat cu un număr de 10—15 maşini de tip electromagnetic şi care rezolvă probleme cu caracter statistic şi de prelucrare a informaţiei. Pentru anul 1961 se prevede şi instalarea unui calculator electronic. Problemele cu caracter ştiinţific sînt trimise spre rezolvare la centrul de calcul al Academiei de Ştiinţe.

Astronomii de aci au fost foarte interesaţi în rezultatele obţinute cu maşina CIFA-2 în calcularea unor probleme (sisteme de ecuaţii liniare) pentru catalogul micilor stele. Au solicitat trimiterea unui exemplu calculat pentru ca să se adreseze eventual şi la maşina noastră pentru efectuarea unor asemenea calcule.

În concluzie, se poate spune că participarea la un asemenea Congres are importantul rol de a deschide cercetărilor, perspective noi prin contactul direct cu oamenii de specialitate în toate domeniile automatizărilor. Iar vizitele ştiinţifice au completat cu o serie de imagini concrete, accentul deosebit care se pune pe dezvoltarea acestei ştiinţe în Uniunea Sovietică.

C. POPOVICI

Calculatoarele electronice în traducerile automate

CZ 681.142—523.8:652.6

În urmă cu cîţiva ani, în Uniunea Sovietică, Kulaghina şi Melciuk sub conducerea lui Liapunov şi Belskaia sub conducerea lui Panov au dat regulile traducerii automate. De atunci, calculatoarele electronice au căpătat încă o aplicaţie, prin elaborarea unor traduceri inteligibile a textelor ştiinţifice şi a tuturor textelor de largă circulaţie.

În Uniunea Sovietică sînt mai multe centre care se ocupă cu traducerea automată. Studii în această direcţie se efectuează la Moscova la primul Institut pedagogic de stat de limbi străine, la Institutul de matematici „V. A. Steklov" al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S., la Institutul de mecanică de precizie şi de tehnică de calcul al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S., la Institutul de lingvistică al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S.; la Leningrad, se ocupă de aceste studii Universitatea de stat; în oraşul Gorki, de asemenea, Universitatea de stat are printre preocupările sale şi preocupări de acest gen; în R. S. S. Gruzină se ocupă de traduceri automate Institutul de automatică şi telemecanică al Academiei de Ştiinţe, iar în R.S.S. Armeană se ocupă Centrul de calcul al Academiei de Ştiinţe. Desigur mai sînt numeroase alte colective care se ocupă de traduceri automate.

Rezultatele muncii depuse pînă acum s-au concretizat prin elaborarea a cinci algoritme pentru traduceri automate:

— anglo-rus, varianta Institutului de mecanică de precizie şi de tehnică de calcul al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S. datorit lui Belskaia;

— francezo-rus, varianta Institutului de matematici „V. A. Steklov" al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S., datorit lui Kulaghina şi Melciuk;

— anglo-rus, varianta aceluiaşi institut al Academiei, datorit lui Moloşnaia;

— chino-rus, varianta Institutului de mecanică de precizie şi de tehnică de calcul al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S. datorit lui Voronin ;

— ungaro-rus, varianta Institutului de lingvistică al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S., datorit lui Melciuk.

În afară de aceasta, în mod intens se elaborează 15 algoritme :

— japono-rus şi germano-rus la Institutul de mecanică de precizie şi de tehnică de calcul al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S;

— indoneziano-rus, arabo-rus, indiano-rus, japono-rus, birmano-rus, norvegiano-rus, anglo-rus, germano-rus, vietnamo-rus, ruso-englez la Universitatea de stat din Leningrad ;

— francezo-rus la Universitatea de stat din oraşul Gorki ;

— armeano-rus şi ruso-armean la Centrul de calcul al Academiei de Ştiinţe din R. S. S. Armeană.

Se lucrează la elaborarea altor numeroase algoritme printre care citäm : pe cel anglo-rus de la Universitatea de stat din oraşul Gorki, spaniolo-rus, chino-rus şi turco-rus de la Universitatea de stat din Leningrad, gruzino-rus şi ruso-gruzin de la Institutul de automatică şi telemecanică al Academiei de Ştiinţe din R. S. S. Gruzină.

Multe din algoritmele enumerate se bazează pe analiza limbii din care se face traducerea independent de limba rusă care este indicată în algoritmele respective ca fiind limba în care se face traducerea. Acest lucru este foarte accentuat în algoritmele elaborate la Leningrad de colectivul profesorului N. D. Andreev.

Analiza independentă a limbii din care se face traducerea porneşte din convingerea profesorului Andreev nu numai ca fiind singura cale justă în rezolvarea problemei traducerilor automate, dar ca fiind o cale care ne apropie foarte repede de momentul în care traducerile automate vor fi făcute pe scară industrială dînd naştere la o colaborare internaţională şi fiind o consecinţă a acestei colaborări. Fiecare ţară interesată ca lucrările ce se publică în limba sa să fie cunoscute în întreaga lume va pregăti pentru traducere limba sa pe principii comune stabilite cu colectivele din alte ţări care se interesează de traduceri automate, punînd la dispoziţie algoritmul traducerii limbii sale altor ţări şi primind din partea lor algoritmele traducerii limbilor care o interesează. Un început de astfel de colaborare internaţională este preconizat de prof. N. D. Andreev care a organizat în octombrie acest an un seminar de traduceri automate bazat pe principiile elaborate în colectivul său. Acest seminar s-a ţinut în oraşul Leningrad.

Algoritmul care se bazează pe analiza independentă a unei limbi poate fi unit cu algoritmul sintezei oricărei limbi şi în acest sens se poate afirma că există mai multe algoritme decît cele enumerate. La aceste algoritme care conţin cîte o analiză independentă a cîte unei limbi se adaugă algoritmul analizei independente a limbii ruse, realizat la Institutul de mecanică de precizie şi de tehnică de calcul al Academiei de Ştiinţe alcătuit de Tatiana Nicolaeva. În privinţa sintezei, algoritmul sintezei limbii ruse alcătuit de Belskaia şi Nikolaeva a constituit o parte componentă a tuturor algoritmelor pentru traducerile în limba rusă alcătuite la Institutul de mecanică de precizie şi de tehnică de calcul al Academiei de Ştiinţe, iar algoritmul sintezei limbii ruse alcătuit de Kulaghina şi Moloşnaia a fost parte componentă a tuturor algoritmelor pentru traducerile în limba rusă alcătuite în Institutele de matematici şi de lingvistică ale Academiei de Ştiinţe. Ambele aceste algoritme sînt independente în sensul că ele nu depind de limba din care se traduce. Ele conţin şi o analiză care se încheie cu obţinerea informaţiei lexice şi gramaticale ruse.

Foarte avansate sînt noile algoritme ale analizei limbilor ruse şi engleze elaborate în colaborare, în baza ideilor lui Melciuk, de Institutul de lingvistică, Institutul de metamatică şi Laboratorul de modelare electrică al Institutului pentru informare ştiinţifică şi tehnică. În baza aceloraşi idei, la Institutul de lingvistică se elaborează algoritmele pentru analiza limbilor franceză şi ungară, iar la Laboratorul de modelare electrică se elaborează algoritmul pentru sinteza limbii ruse.

Traducerile automate conduc la crearea unei limbi intermediare în care toate frazele vor fi scrise cu ajutorul unor simboale, care sînt codificate pentru a permite calculatorului electronic efectuarea traducerii. Pentru crearea acestei limbi intermediare sînt mobilizate toate eforturile colectivului prof. Andreev din Leningrad. În colectivul lui V. V. Ivanov de la Inst. de mecanică de precizie şi de tehnică de calcul al Academiei de Ştiinţe şi în general în colectivele din Moscova apariţia acestei limbi intermediare este aşteptată ca rezultatul algoritmelor de traducere dintre limbi luate două cîte două-aşa mi-a afirmat V. V. Ivanov în timpul vizitei pe care am făcut-o la Institutul la care lucrează. Faptul că această parte intermediară nu este suficient elaborată în algoritmele existente la Moscova, constituie partea slabă a cercetărilor, care sînt foarte fructuoase şi de la care aşteptăm cu încredere clipa cînd traducerile automate se vor face pe scară industrială. Ideea utilizării unei limbi existente drept limbă intermediară este înlăturată, deoarece nu are nici un rost de a încărca cercetările cu iregularităţile vreunei limbi existente. Noţiunea de limbă intermediară apare şi la Melciuk, însă sub o altă formă ca un sistem de rapoarte.

Se constată că rezolvarea problemelor practice ale traducerii automate pune în faţa lingvisticii noi probleme teoretice ceea ce este normal deoarece practica a fost totdeauna pentru lingvistica teoretică un izvor de idei şi metode noi. Acest lucru nu trebuie să ducă la ideia falsă că sînt preţioase doar ideile teoretice şi cercetările care au aplicaţii directe în practică. De aceea şi traducerea automată nu poate fi înfăptuită doar prin încercări empirice fără studii teoretice profunde. O însemnătate deosebită capătă apropierea lingvisticii de ştiinţele exacte şi în primul rînd de matematică.

În Uniunea Sovietică s-a ajuns la concluzia că problemele traducerii automate sînt importante şi pentru metodica predării limbilor străine şi în special pentru predarea traducerii. De aceea nu a fost întîmplător faptul că cercetătorii catedrei de traduceri de la Institutul pedagogic din Moscova, manifestă un viu interes pentru problemele traducerii automate. Datorită prelucrării problemelor traducerii automate s-a adus o contribuţie importantă la teoria generală a traducerii. Astfel a fost posibil de a defini însăşi noţiunea de „traducere" şi de a delimita riguros traducerea în sens lingvistic de traducere ca o creaţie artistică.

Utilizarea metodelor matematice, ceea ce este caracteristic pentru dezvoltarea întregii ştiinţe contemporane, este necesară şi pentru lingvistică. Acest lucru duce la precizarea problemelor puse în evidenţă de lingvistica tradiţională şi permite rezolvarea de noi probleme care apar în legătură cu noile aplicaţii. Ideile lingvisticii matematice pot găsi aplicaţii, de asemenea, şi în afara problematicii traducerii automate în problema transmiterii vorbirii la distanţă, în predarea limbilor străine şi traducerii din limbi străine, la alcătuirea de gramatici tip etc. Contribuţia matematicienilor ridică nivelul teoretic al cercetărilor, cere lingvisticii o mare exactitate în punerea şi rezolvarea problemelor de lingvistică.

O traducere făcută cu ajutorul calculatoarelor electronice nu trebuie să fie artistică, adică să fie o traducere cu un stil apreciat. Cel puţin acum nu trebuie urmărit acest lucru. Stilul, însă, poate fi îmbunătăţit alcătuind un algoritm complex. Acest lucru a fost obţinut la Institutul de mecanică de precizie şi de tehnică de calcul. S-a ajuns însă la concluzia că, cu cît stilul este mai apreciat, cu atît algoritmul respectiv trebuie preţuit mai puţin. Un stil apreciat este greu de obţinut, de aceea un stil apreciat înseamnă că în algoritmul traducerii o mare parte este ocupată de reguli greoaie pentru prelucrarea stilului. Se poate admite o redactare ulterioară a traducerii şi această redactare să fie făcută de om tocmai din cauza că o astfel de redactare nu este absolut necesară. Însuşi cuvîntul redactare înseamnă că traducerea poate fi înţeleasă şi fără ajutorul redactării. Cu timpul însă algoritmele de traducere automată se vor perfecţiona şi este de aşteptat că vor fi obţinute numai traduceri cu un stil apreciat.

Acum problema traducerii automate se pune pentru un număr restrîns de texte şi în special pentru texte ştiinţifice. În aceste texte lucrul cel mai important nu este stilul şi se poate crede că traducerea automată va revoluţiona limba ştiinţifică nu numai prin străduinţa celor care utilizează această limbă de a o face cît mai accesibilă pentru traducerea automată ci însăşi structura acestei limbi va deveni şi mai logică.

Pentru înlesnirea traducerii automate se face o transformare a textului înainte de traducere. Nu se urmăreşte traducerea textului în întregime. De aceea sînt alcătuite algoritme de traduceri care să fie în stare să traducă nu toate frazele din limba din care traducem ci doar cîteva fraze regulate alcătuite într-un anumit mod. Totuşi s-a văzut că e util de a se face două programe pentru traducerea automată sau unul ramificat. Primul program, care e mai simplu va fi util numai pentru texte regulate şi se încearcă la început de a traduce orice text cu acest program. Numai în cazul cînd textul nu e regulat, nu va fi pus în funcţiune programul mai complex; se speră că utilizarea programului mai complex va fi mai rară şi astfel se va realiza o economie de timp.

În fine, a ieşit în evidenţă şi faptul că pentru traducerea automată e mai bine să fie construite calculatoare electronice specializate. S-a constatat că dintre operaţiile aritmetice, în timpul traducerii automate se utilizează numai scăderea, iar celelalte operaţii sînt operaţii logice şi că prin utilizarea unei memorii rapide, memoria de lucru poate să nu fie prea mare.

Afară de Institutul de mecanică de precizie şi al tehnicii de calcul al Academiei de ştiinţe a U.R.S.S. şi de Laboratorul experimental de traduceri automate din cadrul Universităţii de Stat din Leningrad, unde lucrează colectivul condus de N. D. Andreev, printre alte institute am vizitat şi centrele de calcul ale Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S. din Moscova şi Leningrad. Centrul de calcul din Moscova a putut să fie vizitat şi în timpul congresului IFAC, cu care ocazie au fost organizate numeroase excursii ştiinţifice prevăzute pentru zilele de la 27 iunie pînă la 7 iulie inclusiv. Aceste excursii erau organizate zilnic astfel că fiecare participant la Congres putea să-şi alcătuiască programul în aşa fel ca să poată urmări şi comunicările care-l interesau şi să viziteze întreprinderile, instituţiile şi centrul universitar din Moscova.

În clădirea centrului de calcul se află calculatoarele electronice BESM-2 şi Ural şi o sumedenie de calculatoare de birou. Calculatoarele electronice se află sub supravegherea inginerilor care asigură buna funcţionare a lor. Rezolvarea

problemelor la aceste calculatoare se face de către matematicieni care fac operațiile de la programarea rezolvării unei anumite probleme la calculatorul electronic pînă la obținerea rezultatelor numerice. În timpul rezolvării problemei la calculatorul electronic matematicianul colaborează cu inginerul.

Camera în care se află calculatorul electronic este spațioasă, cu aerisire continuă pentru a permite răcirea tuburilor electronice care sînt mereu aprinse. În cameră se află numai cei ce se ocupă de rezolvarea problemei. Ei sînt preocupați de bunul mers al calculatorului și de rezolvarea corectă a problemei și de aceea în cameră domnește o liniște desăvîrșită.

Calculatorul ocupă un spațiu de formă dreptunghiulară în centrul căruia se află pupitrul de comandă. Lateral, într-un colț al camerei se află sistemul de alimentare cu curent continuu. Accesul pînă la această porțiune a calculatorului este îndepărtat chiar și pentru inginerul care deservește calculatorul electronic, așa că securitatea celor care lucrează la calculator este asigurată și nu numai prin aceasta ci și prin felul cum este îngrădit acest sistem de alimentare, la exterior nefiind vizibile decît aparatele de măsură, accesul în interiorul lui făcîndu-se printr-o ușă care de obicei este închisă. Comparativ cu calculatorul electronic BESM-1 care se află la Institutul de mecanică de precizie și al tehnicii de calcul al Academiei de Științe a U.R.S.S. calculatorul electronic BESM-2 este mai puțin înalt, mai compact, la calculatorul BESM-1 existînd porțiuni care au fost transformate sau complet înlăturate dovedind perfecționarea continuă ce i s-a adus și ceea ce s-a reflectat în construcția calculatorului BESM-2.

Memoria operativă a calculatorului formată din 2 048 de celule ocupă un spațiu foarte mic. Ea este făcută pe bază de ferite. Această memorie este cea mai sigură, cea mai rapidă, este memoria de bază a calculatorului și este numită memoria interioară. Această memorie nu este suficientă pentru toate calculele pe care le face calculatorul; de aceea, calculatorul mai cuprinde o memorie formată din doi cilindri magnetici care conține 12 288 de celule, o memorie formată din benzi magnetice și benzi perforate și o memorie formată din cartoane perforate. Ultimele două tipuri de memorie sînt principial nelimitate. Memoria cea mai lentă este cea cu benzi magnetice și benzi perforate, deoarece s-ar putea ca ceea ce ne interesează să fie pe undeva în interiorul benzii și trebuie să așteptăm cît timp se derulează banda pînă cînd ajungem la porțiunea care ne interesează. Restul calculatorului este alcătuit din blocuri de cîte patru tuburi electronice montate într-un dispozitiv cu toate legăturile făcute. Accasta permite un control eficient al calculatorului, iar în caz de defecțiune se extrage blocul defect și se înlocuiește cu un bloc în perfectă stare de funcționare.

La Centrul de calcul sînt numeroase secții. Printre acestea se află o secție teoretică, una de programare, alta de programarea programării. În secția teoretică se studiază problemele ce trebuie să fie programate căutîndu-se metodele cele mai adecvate pentru programarea rezolvării problemei la calculator. În cea de programare sînt programate problemele puse de industrie. Secția de programarea programării studiază posibilitatea programării la calculator a alcătuirii de programe pentru rezolvarea diverselor probleme. Pînă în ultima vreme programarea s-a dezvoltat ca o știință empirică care generaliza procedeele concrete de programare a problemelor concrete. Rezultatul esențial și totodată interesant al acestei perioade de dezvoltare a fost descoperirea posibilității de a automatiza programarea cu ajutorul programelor pentru programare. Însă dezvoltarea ulterioară a automatizării programării și a altor probleme legate de programare și de realizare a algoritmelor la calculatoarele electronice este condiționată de rezolvarea unei serii de probleme, ceea ce necesită crearea unei teorii speciale cu elaborarea căreia se ocupă secția de programarea programării.

Centrul de calcul din Moscova are o filială la Leningrad. Aici este instalat și se află în funcțiune calculatorul electronic Ural. Viteza de lucru a acestui calculator este mai mică decît a calculatorului BESM-2 și de aceea acolo va fi instalat în curînd și un astfel de calculator. La Leningrad se construiesc calculatoare electronice de birou. Ele sînt destinate operațiilor simple de contabilitate, dar sînt mult mai utile decît cele electromecanice existente pînă acum, atît prin siguranța mai mare în funcționare cît mai ales prin rapiditatea cu care lucrează.

Însemnătatea centrelor de calcul este mare. În Uniunea Sovietică, pe lîngă cele ale Academiei se află și centre de calcul ale universităților. Ele rezolvă numeroase probleme puse de industrie și servesc la formarea cadrelor de cercetători.

A. BRÎNZEI

Sisteme pneumatice şi dispozitive de control şi măsură

CZ 621-525

Printre lucrările prezentate la primul Congres de la Moscova, o importanţă deosebită au prezentat problemele legate de sistemele pneumatice şi dispozitivele pneumatice de control şi măsură. Astfel, s-a remarcat contrar părerilor multor specialişti automatişti, că sistemele pneumatice nu sînt de loc pe cale de dispariţie ci din contră, ocupă un loc foarte important în preocupările automatiştilor din întreaga lume.

Acest lucru se datoreşte faptului că sistemele pneumatice prezintă unele avantaje faţă de sistemele electrice şi electronice, avantaje care pot fi concretizate prin :

— simplitatea constructivă a dispozitivelor ;

— siguranţă mărită în exploatarea în medii cu pericol de explozie şi medii corozive ;

— costul investiţiei relativ redus ;

— deservire uşoară, necesitînd personal redus de exploatare.

Desigur dispozitivele pneumatice nu sînt capabile de performanţele dispozitivelor electronice şi nici nu pot cuprinde întreaga gamă de parametri ce sînt necesari a fi măsuraţi şi reglaţi în instalaţiile cu un grad avansat de automatizare. În această categorie intră aparatele de analiză continuă a calităţilor produselor, aparate fără de care nu se poate trece la automatizarea complexă şi totală a instalaţiei respective.

Cu toate acestea sistemele pneumatice vor continua să se perfecţioneze urmînd a fi folosite acolo unde sistemele electronice nu pot fi utilizate din diverse motive.

În urma perfecţionărilor aduse sistemului pneumatic unificat de agregate, prin construirea aparatelor pe principiul blocurilor, se rezolvă în mare măsură necesităţile industriilor.

În acest sistem există pentru fiecare parametru de măsurat cîte un aparat primar specific, care este prevăzut cu un dispozitiv de teletransmisie pneumatică comun tuturor aparatelor primare şi care lucrează în gama de presiune de 0,2—1 kg/cm².

Aparatele secundare sînt comune tuturor parametrilor de măsurat însă cu funcţii diferite. De exemplu : blocuri de reglare, blocuri de înregistrare, blocuri de indicare etc.

Aceste blocuri se pot cupla între ele în diverse scheme de reglare. Aşa de exemplu : schema de reglare la nivelul unui singur parametru, scheme de reglare proporţională, scheme de reglare în cascadă şi scheme de reglare după program.

Aparatele secundare ale sistemului unificat de agregate sînt de gabarit mic şi sînt construite pe principiul compensării forţelor. În acest fel se elimină transmisiile prin pîrghii iar piesele în mişcare sînt aproape complet înlocuite cu membrane din mase plastice. Acest lucru conduce la o sensibilitate mărită a aparatului respectiv şi la o funcţionare mai îndelungată.

Dintre realizările industriale ale sistemului pneumatic de agregate unificat se pot cita : aparatele de tip A.U.S. de fabricaţie sovietică, aparatele de tip Bristol de fabricaţie engleză şi aparatele de tip Foxboro de fabricaţie americană.

Sistemul unificat de aparate de tip A.U.S. a fost proiectat de către secţia de pneumatică din Institutul de automatică şi telemecanică din Moscova unde au fost executate şi prototipurile acestor aparate. Actualmente uzina Tizpribor din Moscova a trecut la fabricarea lor în serie.

În cele ce urmează se vor descrie pe scurt principalele blocuri ale sistemului de agregate unificate tip A.U.S.

1. *Blocul de măsurare şi teletransmisie pneumatică a debitului tip* DMPK-100 se compune din trei părţi distincte şi anume :

— dispozitivul de măsurare a diferenţei de presiune produsă prin obturarea unei conducte cu ajutorul unei diafragme. Acest dispozitiv se compune din două membrane duble din oţel inoxidabil rigid legate între ele şi care se deplasează sub influenţa diferenţei de presiune ;

— dispozitivul de transmitere a deplasării membranelor compus dintr-o tijă rigidă şi o membrană elastică din oţel inoxidabil ;

— dispozitivul de transmisie pneumatică a valorilor măsurate compus din clapetă, duză şi dispozitivul de amplificare pneumatică.

Performanţele aparatului sînt :

— clasa de precizie ±1% ;

— presiunea statică 100 kg/cm² ;

— presiunea diferenţială între 40—1 000 mm Hg ;

— distanţa maximă pînă la blocul de înregistrare pînă la 300 m ;

— condiţiile de lucru : 5° pînă la +50° C şi umiditatea maximă 80%.

Acelaşi bloc poate fi folosit atît pentru măsurarea nivelului din vase şi coloane şi în acest caz presiunea diferenţială este dată de înălţimea coloanei de lichid, cît şi pentru măsurarea presiunilor statice în care caz presiunea diferenţială este dată de diferenţa de presiune dintre presiunea de măsurat şi presiunea atmosferică.

2. *Blocul de măsurare şi teletransmisie pneumatică a presiunii tip* M.G.P. 270, are drept

element de măsurare un tub elicoidal care sub influenţa presiunii se deformează, deformaţie ce este apoi amplificată cu ajutorul unor pîrghii şi transformată în variaţii de presiune a aerului în dispozitivul de amplificare pneumatică.

De remarcat că acest bloc este de construcţie mai veche, el fiind doar adaptat să lucreze în sistemul A.U.S.

3. *Blocul de măsurare şi teletransmisie pneumatică a temperaturii de tip* E.D.T. se compune din două părţi distincte şi anume :

— amplificatorul electronic al forţei termoelectromotoare dată de un termocuplu sub influenţa diferenţei de temperatură şi care este un potenţiometru electronic cu compensare automată şi patru etaje de amplificare;

— traductorul electropneumatic care transformă variaţiile de tensiune în variaţii ale presiunii aerului şi care lucrează în gama de presiune standard de 0,2 pînă la 1 kg/cm^2.

4. *Blocul de înregistrare pentru o singură variabilă de tip* 3 R.L.-29 V are trei elemente de măsurare cu burduf şi anume : unul pentru mărimea de măsurat şi care este cuplat cu o peniţă pentru înregistrarea valorii măsurate; al doilea element pentru măsurarea presiunii aerului reglat de către organul de execuţie şi care este cuplat cu un indicator; în sfîrşit, ultimul element de măsurare este pentru indicarea poziţiei de control în jurul căreia urmează să fie reglat parametrul respectiv.

Aparatul este prevăzut cu un comutator cu trei poziţii şi anume : manual—verificare—automat.

Acţionarea dispozitivului de înregistrare se face cu un motor sincron alimentat de la reţeaua de 230 V şi 50 Hz. Partea din spate a aparatului este în aşa fel construită încît permite montarea cu uşurinţă a blocului de reglare.

5. *Blocul de înregistrare după program de tip* 3 R.L.-59 V este similar din punct de vedere constructiv cu blocul de înregistrare cu o singură variabilă, cu deosebirea că are un comutator cu 5 poziţii (manual — verificare — automat — verificare — program) şi că acţionarea indicatorului de control nu se face manual ci elementul de măsurare respectiv este comandat de blocul de programare care poate fi de tipul cu camă pentru cazurile de reglare programatică periodică sau de tip proporţional în cazul reglărilor proporţionale. În acest caz, blocul de programare este un releu de proporţionalitate între cele două variabile (una independentă şi cealaltă dependentă de prima prin intermediul releului de proporţionalitate).

6. *Blocul de înregistrare în cascadă de tip* 3 R.L.-58 V are patru elemente de măsurare şi anume : un element pentru măsurarea variabilei independente cuplat cu o peniţă sau un indicator (la alegere); un element pentru măsurarea variabilei dependente cuplat cu o peniţă; un element pentru măsurarea presiunii aerului reglat (presiunea aerului de la blocul de reglare dependent spre organul de execuţie); un element pentru indicatorul de control ce este acţionat de către presiunea aerului reglat de blocul de reglare independent.

În schemele de reglare în cascadă, blocul de reglare independent se montează separat iar blocul de reglare dependent se montează în spatele blocului de înregistrare tip 3 R.L.-58 V.

Dispozitivul de acţionare a diagramei este acelaşi ca pentru toate blocurile de înregistrare.

7. *Blocul de reglare* 4 R.B. 32 A este construit pe principiul compensării forţelor.

Semnalele ce vin de la stabilizator şi de la blocul de măsurare sub formă de variaţii de presiune a aerului acţionează membranele dispozitivului modificînd poziţia clapetei faţă de duză. Blocul de reglare este compus din următoarele părţi :

— dispozitivul de amplificare;

— dispozitivul de comparare (reacţia negativă cu cea pozitivă);

— mecanismul izodrom;

— releul de tăiere.

Caracteristicile tehnice ale blocului de reglare tip 4 R.B. 32 A sînt :

— semnalele de intrare cuprinse în gama de presiune de 0,2 la 1 kg/cm^2;

— semnalele de ieşire : 0,2 la 1 kg/cm^2;

— timpul izodromului : 3 s la 100 min;

— domeniul de proporţionalitate: 10 la 250%;

— temperatura mediului ambiant cuprinsă între +10° şi +50° C;

— clasa de precizie este de ±1%.

În afară de aceste blocuri principale şi mai des utilizate, sistemul unificat de agregate tip A.U.S. mai cuprinde blocuri de integrare, blocuri de semnalizare etc.

De asemenea în Institutul de automatică şi telemecanică din Moscova se studiază problema traductorilor electropneumatici în vederea cuplării aparatelor de tip A.U.S. cu maşini electronice de calcul şi maşini electronice de calcul şi comandă.

În principiu aceşti traductori se compun din membrane elastice care sub influenţa variaţiei de presiune a aerului închid sau deschid diverse contacte electrice, dînd astfel informaţii asupra procesului tehnologic prin comunicările elementare „da" şi „nu".

Prin rezolvarea acestei probleme se va putea trece la introducerea pe scară largă a automatizării complexe, chiar şi în instalaţiile existente.

Paralel cu lucrările de construcţia propriuzisă a aparatelor de control şi automatizare de tip electronic trebuie intensificată munca de cercetare în domeniul executării în ţară a elementelor de componente şi în special a transistorilor. Trebuie studiată de asemenea problema executării circuitelor imprimate. Aceste sarcini revin în primul rînd institutelor de cercetare de specialitate ICECHIM şi ICET, fiecare în domeniul său de activitate.

C. PENESCU

Problemele automatizării instalaţiilor de forţă

CZ 621–52 :621.311.21/.22

Automatizarea instalaţiilor de forţă adică a instituţiilor producătoare şi distribuitoare de energie (electrică sau de altă natură) a constituit una din preocupările de frunte ale primului Congres internaţional de automatizare care s-a ţinut la Moscova. Astfel, una din secţiile Congresului a fost consacrată exclusiv automatizării instalaţiilor de forţă.

Au fost prezentate în total 23 referate grupate astfel:

automatizarea instalaţiilor termice (8 referate);

automatizarea sistemelor energetice (8 referate);

automatizarea instalaţiilor nucleare (5 referate);

diverse probleme (2 referate).

În problema automatizării instalaţiilor termice s-a relevat în mod deosebit raportul lui Davîdov (U.R.S.S.) despre „Dezvoltarea sistemului de reglare automată a cazanelor". În acest raport se arată comparativ sistemele moderne de reglare automată şi se indică tendinţele moderne de realizare a sistemelor automate de reglare. Este deosebit de interesantă comparaţia critică a diferitelor sisteme de reglare automată (electrice, pneumatice etc.) în acest domeniu unde, după cum se ştie, există o serie de păreri foarte controversate. Referatul se încheie cu o serie de consideraţii practice şi indicaţii asupra realizărilor U.R.S.S. în acest domeniu.

Extrem de documentat şi deosebit de important este raportul lui Ruşinski (U.R.S.S.) despre comportarea dinamică a reglării automate a grupului cazan-turbină. Acest referat se ocupă de reglarea în bloc a grupului turbină-cazan, ţinînd seama de condiţiile termice, mecanice etc. Se dau funcţiile de transfer ale fiecărui element în parte şi se studiază în mod amănunţit fiecare din elementele blocului. Această lucrare este deosebit de utilă inginerilor şi cercetătorilor din acest domeniu.

Un referat foarte interesant a fost şi cel prezentat de Cenuck, Hanus, Peterka şi Stepan (R.S. Cehoslovacă) care s-a ocupat de analiza şi sinteza proceselor tranzitorii în instalaţiile termice de forţă. În referat se face o analiză amănunţită asupra comportării dinamicii a diferitelor părţi componente ale unei instalaţii termice: cazan, schimbător de căldură, supraîncălzitor etc. Este deosebit de interesant modul în care autorii referatului caută să dea o serie de indicaţii preţioase în domeniul comportării dinamice a schimbătoarelor de căldură şi a supraîncălzitoarelor. Astfel, se arată că, în general, schimbătoarele de căldură (preîncălzitoarele de apă de alimentare, preîncălzitoarele de aer) se pot exprima, din punct de vedere al comportării lor în decursul regimului tranzitoriu, cu suficientă exactitate, prin ecuaţii diferenţiale neliniare, în care coeficienţii sînt funcţii de timp. Aceste ecuaţii se pot liniariza în cazul micilor variaţii de la regimul staţionar şi pot fi rezolvate prin ajutorul calculului Laplace-Wagner. Referatul conţine, de asemenea, concluzii importante şi o serie de date practice asupra comportării în ansamblu a unei instalaţii termice de forţă.

Problema comportării dinamice a instalaţiilor de forţă a făcut obiectul şi a trei rapoarte din R.F.G. În raportul său, Frensch se ocupă de comportarea dinamică a supraîncălzitoarelor cu abur. Raportorul se ocupă, mai întîi, de studiul teoretic al comportării dinamice a supraîncălzitoarelor dînd în detaliu relaţiile de bază şi ecuaţiile diferenţiale ale diferitelor tipuri de asemenea instalaţii. Se trece apoi la calculul aproximativ care tinde să liniarizeze ecuaţiile diferenţiale neliniare; aplicîndu-se metoda de analiză a lui Strejc asupra caracteristicilor de frecvenţă se ajunge la un calcul simplificat cu aplicaţii practice imediate. La sfîrşitul referatului se dau, comparativ, rezultatele experimentale faţă de cele obţinute prin calcul; din comparaţie se poate constata buna aproximaţie a metodelor folosite.

Raportul lui Queck se ocupă cu cercetări experimentale asupra comportării dinamice a instalaţiilor de cazane. După o serie de consideraţii teoretice asupra comportării dinamice în ansamblu a acestor instalaţii, se arată metodele experimentale cele mai adecvate, rezultatele acestora, insistîndu-se în mod deosebit asupra măsurilor practice care trebuie luate pentru a se evita apariţia erorilor. Este interesantă aparatura electronică folosită care permite obţinerea caracteristicilor de frecvenţă, aparatură simplă şi uşor de transportat.

Krüssman se ocupă la rîndul său tot de comportarea dinamică a instalaţiilor de forţă producătoare de abur la un tip special de cazane şi anume la acelea cu circulaţie forţată; referatul se ocupă de cercetări experimentale în această direcţie, din care se trag apoi concluzii practice.

Raportul lui Ergin şi Ling se ocupă de ameliorarea comportării dinamice a cazanelor cu abur în cazul marilor variaţii de sarcină. Se utilizează calculul teoretic cu ajutorul unui calculator analog şi se verifică experimental datele calculate. După aceea se dau datele necesare

pentru realizarea unui regulator bazat pe principiul lipsei de interacţiune. După datele prezentate de autor un asemenea regulator oferă avantaje substanţiale faţă de alte regulatoare, în special în ceea ce priveşte durata regimului tranzitoriu şi a regimului practic lipsit de suprareglare.

Din referatele privind automatizarea instalaţiilor termice de forţă se desprinde, ca o concluzie generală, preocuparea pe care o au specialiştii de a studia teoretic şi experimental comportarea dinamică a instalaţiilor, precum şi studierea de noi tipuri de regulatoare capabile să răspundă la cerinţele moderne asupra funcţionării în condiţii optime.

Referatele privind automatizarea sistemelor energetice s-au preocupat, îndeosebi, de problema funcţionării în paralel a marilor sisteme interconectate.

De un interes excepţional au fost referatele prezentate de Uniunea Sovietică şi, în special referatul lui Gestenberg, Kastelian, Kostenko şi Sirîi, despre ameliorarea reglării excitaţiei maşinilor sincrone şi noi probleme de stabilitate în sistemele energetice interconectate. Referatul se ocupă mai întîi de influenţa reciprocă a reglării excitaţiei şi a frecvenţei la marile grupuri producătoare de energie electrică. Se studiază teoretic această problemă, cercetîndu-se teoretic şi experimental diferite metode de reglare a excitaţiei în cazul unei centrale de la care pleacă două linii.

Se analizează stabilitatea statică şi dinamică în asemenea cazuri. Cercetările au fost realizate pe modele electro-dinamice la Institutul energetic şi în Laboratorul de centrale al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S., în special în vederea transportului de energie electrică de la Centrala V. I. Lenin în spre Moscova şi Urali. Se ia în considerare, de asemenea, funcţionarea în paralel a Centralei Stalingrad, în special în cazul transportului de energie în regiunea Donbas, în curent continuu.

Raportul lui Venikov (U.R.S.S.) se ocupă, de asemenea, de cercetările experimentale, pe maşini analoge, precum şi de metodele moderne de calcul al sistemului energetic interconectat. Se indică o serie de date preţioase cu privire la diferitele metode făcîndu-se totodată o comparaţie critică între ele. Raportul arată o serie de rezultate pe care specialistul sovietic, cunoscut prin lucrările sale deosebit de valoroase în analiza funcţionării sistemului energetic, le-a obţinut în această direcţie.

În raportul său, Cohn (S.U.A.) arată metodele utilizate în S.U.A. cu privire la reglarea automată a puterii şi frecvenţei în sistemele energetice interconectate. Se constată o creştere din ce în ce mai mare a sistemului de reglare automată, care se adresează unor zone din ce în ce mai întinse. Se utilizează pe scară largă maşinile de calcul în combinaţie cu sistemele automate de reglare. Se indică metodele utilizate practic şi tipul de calcul efectuat ; se arată, de asemenea, că acest tip de calcul furnizează o referinţă comună independentă de viteză cu care sursele conectate la reţea răspund influenţei regulatoarelor proprii.

Usoki şi Vamoş (R.P. Ungară) se ocupă de unele probleme pe care interconexiunea dintre reţeaua ungară şi reţelele din R.S. Cehoslovacă şi R.P.F. Iugoslavia le-a pus tehnicienilor unguri. Pentru a se evita regulatoare cu piese în mişcare s-a proiectat şi realizat un regulator electronic cu impulsuri, cu o frecvenţă cuprinsă între 2 şi 12 impulsuri pe secundă. S-au studiat teoretic şi experimental, parametrii cei mai buni ai unui astfel de regulator.

Întrucît reţeaua ungară este alimentată, în special, de instalaţii termice cu cazane cu abur, s-a studiat comportarea dinamică a acestora şi în special a cazanelor cu cărbune pulverizat. S-a obţinut o serie de date originale confirmate de practică. Se dă o serie de date interesante asupra sistemelor de reglare automată a cazanelor şi se ajunge la concluzia că regulatorul optim este cel autonom, cu un singur circuit de reglare.

Evangelisti (Italia) se ocupă în raportul său de problema reglării frecvenţei la centralele hidroelectrice. Partea interesantă a lucrării este aceea a luării în considerare a regimului hidraulic, adică a influenţei vitezei apei din conducta forţată şi din aducţiune, asupra parametrilor reglării automate. Această problemă este destul de dezbătută în lucrările de specialitate apărute ; autorul referatului dă un mod de calcul destul de simplificat şi cu rezultate interesante.

Problema reglării automate a frecvenţei mai face obiectul raportului lui Casson şi alţii (Anglia), care arată metodele de reglare şi de dispecing folosite în sistemul interconectat britanic (sistemul „grid"). Prin sistemele adoptate se reuşeşte menţinerea frecvenţei în limitele $\pm 0{,}05$ Hz.

Kozuchoroski (R.P. Polonă) tratează în lucrarea sa despre efectul oscilaţiilor libere asupra procesului de reglare a frecvenţei. Este cunoscut că această problemă este destul de dezbătută şi ea este, în general, dificil de abordat ; autorul efectuează pe baza unor consideraţii teoretice o serie de aprecieri verificate experimental în reţeaua poloneză.

În sfîrşit, se mai poate menţiona şi raportul lui Segre (Italia) care descrie instalaţiile automate utilizate în sistemul energetic din nordul Italiei ; sînt arătate, de asemenea, instalaţiile de dispecing.

Un număr important de rapoarte (5 rapoarte) se ocupă de o serie de probleme privind reglarea automată a reactoarelor nucleare şi, în special, a celor energetice. Astfel, Kaczmarek (R.F.G.), se preocupă de comparaţia critică a diferitelor sisteme de reglare automată a reactoarelor nu-

cleare, iar Daudurand (Franţa) despre comportarea dinamică a acestora. Merită să fie menţionat raportul lui Picard (Franţa), care descrie principiile automatizării numerice (discrete) în instalaţiile nucleare de forţă (centrale atomoelectrice).

În cadrul subsecţiei de automatizări în instalaţii de forţă s-au prezentat rapoarte tratînd şi o serie de consideraţii teoretice asupra metodelor celor mai noi privind proiectarea şi realizarea dispozitivelor de reglare automată. Astfel, este deosebit de interesant raportul lui Dudnikov (U.R.S.S.), care se ocupă de problema optimalizării sistemelor automate folosind date experimentale. Raportul conţine o serie de consideraţii de natură teoretică, justificînd metodele propuse.

Puţilo, Petrov şi alţii (U.R.S.S.), se ocupă de problema foarte modernă a reglării extremale cu aplicaţie în procesele de producţie. După o serie de consideraţii teoretice privind metodele recomandate ale reglării extremale, se descrie funcţionarea unui regulator extremal utilizînd tuburi electronice. Raportul este deosebit de interesant şi util, deoarece dă indicaţii practice imediate.

Merită, de asemenea, să fie amintit raportul lui Filpciac şi alţii (R.P. Polonă), care se ocupă de simularea matematică a proceselor fizice, cu aplicare la reglarea automată a reactoarelor nucleare.

Din luarea în considerare a rapoartelor prezentate în cadrul subsecţiei „Automatizări în instalaţiile de forţă" de la primul Congres internaţional de automatică, se poate desprinde faptul că cercetările în domeniul automatizărilor au căpătat o dezvoltare considerabilă. Liniile directoare în această dezvoltare se pot concretiza prin :

— introducerea pe scară largă a reglării frecvenţei şi puterii active cu abateri de frecvenţă minimale ;

— influenţarea reglării automate a frecvenţei şi puterii active de consideraţiile funcţionării economice ;

— folosirea reglării intensive a excitaţiei ;

— introducerea reglării optimale ;

— studierea amănunţită a proceselor termomecanice din cazane, în vederea ameliorării proceselor de reglare automată.

Referatele prezentate de delegaţii U.R.S.S., s-au remarcat prin înaltul nivel ştiinţific, tratarea celor mai noi probleme şi cu contribuţii originale. Aceasta confirmă, încă o dată, în mod strălucit, dezvoltarea considerabilă pe care a luat-o în U.R.S.S. automatizarea şi grija ce se acordă acestei probleme de către conducerea de partid şi de stat.

Este demn de remarcat că la această subsecţie, U.R.S.S. a prezentat un număr de şase rapoarte, adică circa 30% din numărul total, faţă de trei rapoarte prezentate de S.U.A. Şi în cadrul discuţiilor care au fost foarte vii, s-au remarcat în special — prin nivelul înalt — delegaţii şi participanţii sovietici. Astfel, au luat cuvîntul la discuţii, aducînd precizări importante, specialişti remarcabili ca : prof. Gherasimov, prof. Lerner şi alţii.

După cum rezultă din materialele Congresului al III-lea al Partidului Muncitoresc Romîn, un rol important în dezvoltarea economiei noastre naţionale îl joacă automatizarea instalaţiilor energetice. Este necesar ca eforturile noastre să se îndrepte către problemele cele mai noi ale automatizării. Concluziile care se pot trage de la lucrările subsecţiei „Automatizări în instalaţii de forţă" trebuie să fie un îndreptar preţios.

CF 1831/61

GH. DECIANU

Probleme de automatizări în industria siderurgică

CZ 621–52 :669.1

Siderurgia ocupă de mult locul de frunte în ceea ce priveşte posibilităţile de introducere şi folosire a celor mai înaintate metode de conducere automată. Progresul automatizării în industria siderurgică, ca şi în celelalte ramuri ale industriei, depinde de dezvoltarea mecanizării, de introducerea aparatajului de măsură şi control şi de comanda automată a procesului tehnologic. O atenţie sporită se acordă dezvoltării tehnicii măsurării continue, tehnicii reglajului automat al dimensiunilor şi calităţii producţiei şi programării automate. Maşinile de calcul încep să-şi găsească o tot mai largă întrebuinţare în producţia metalurgică. Se poate spera ca în următorii doi ani să se treacă de la conducerea proceselor singulare la o conducere după program cu prelucrarea automată a datelor întregului proces de fabricaţie.

Problema automatizării în industria siderurgică este mult prea vastă ca să poată fi cuprinsă într-un articol. Vom aminti, în cele ce urmează, cîteva procese tehnologice din industria oţelului care au format obiectul unor referate şi discuţii la Congresul I.F.A.C. de la Moscova.

Referatul delegatului american U. E. Miller de la o uzină siderurgică de lîngă Chicago tratează o serie de lucrări de automatizare realizate în această uzină şi anume :

Conducerea automată după program a laminoarelor reversibile pentru laminarea la cald

Laminarea la blooming se face după program pentru următoarele operaţii :

— reglarea dispozitivului de presare ;
— reglarea cilindrilor verticali ;
— reglarea cilindrului superior spărgător de zgură ;
— reglarea liniilor de ghidare ;
— reglarea întinderii şi a dispozitivului de răsturnare ;
— alegerea secţiunii transportorului cu role ;
— alegerea vitezei maxime de laminare ;
— conducerea manipulatorilor ;
— conducerea măririi vitezei laminorului ;
— conducerea încetinirii laminorului.

La laminarea metalului cu frecvenţa de 10 treceri pe minut, se executau într-un schimb 5 000 declanşări la un singur mecanism, ceea ce este extrem de obositor. De aici decurge eficacitatea automatizării tuturor operaţiilor, descrise mai sus, în scopul măririi productivităţii muncii. În linii mari, automatizarea operaţiunilor se face după cum urmează :

— la apropierea bramei de laminor se declanşează fotoreleul 1 ; liniile de ghidaj ale spărgătorului de zgură aşază brama la mijlocul transportorului cu role ;
— prin declanşarea fotoreleului 2 se pune în funcţiune sistemul de stropire cu apă, înaintea spărgătorului de zgură ; prin declanşarea fotoreleului 3 intră în funcţiune stropirea cu apă la intrarea în laminor ;
— conducerea laminorului, în timpul laminării, este comandată de fotoreleul 4 ; spre sfîrşitul trecerii bramei de sub valţuri, fotoreleul 5 dă comanda încetinirii laminorului, iar fotoreleele 6 şi 7 dau comanda inversării laminorului.

Fişa program este prelucrată de maşina de calcul conform procesului tehnologic descris mai sus.

În general, în industria siderurgică automatizarea se face pe etape, pentru că ea permite o mai bună conducere a producţiei.

Laminorul automat de profile. Următoarea etapă este automatizarea cîtorva caje ale laminorului, cu scopul ca ele să prezinte un singur complex. Laminorul de profile are toate operaţiunile automatizate, inclusiv transportul lingourilor. Conducerea acestui laminor se face cu 150 de fotorelee. Sistemele de reglare au fost urmărite pe maşini de calcul electronice, cu funcţionare continuă şi s-a determinat domeniul de aplicare a parametrilor de lucru cu acţionare electrică.

În continuare se tratează problema laminării benzilor la cald, unde se controlează automat grosimea benzii prin metodele cunoscute ; de altfel în cele ce urmează se va expune sistemul de control sovietic, care este mult mai rapid şi mai exact.

Etapa următoare este automatizarea cuptorului de recoacere pentru benzi. Cuptorul de recoacere are 3 secţii : secţia de intrare, secţia de tratament termic şi secţia de ieşire.

Banda de oţel laminată la rece, strînsă în rulouri după sudare, trece printr-o baie de decapare şi apoi intră în cuptorul de recoacere. După recoacere, benzile se verifică şi se rulează separat. Secţia de recoacere lucrează cu o viteză constantă între 300 şi 600 m/min ; celelalte două secţii lucrează cu viteze diferite necesare alimentării şi eliberării rulourilor. Prin recoacere, banda se încălzeşte repede pînă la 593—721 °C şi se menţine la această temperatură pentru îmbunătăţirea structurii metalului. După aceea se răceşte la 482 °C cu o anumită viteză de răcire, iar apoi pînă la temperatura de călire, care este diferită, în funcţie de material.

Maşina de calcul, afară de conducerea procesului tehnologic, prelucrează datele, caracteristicile procesului, calculează producţia şi îndeplineşte funcţia de control şi siguranţă.

Conducerea procesului tehnologic. În maşina de calcul este introdus programul de rezolvare a ecuaţiilor pentru transmiterea căldurii pe baza caracteristicilor tehnologice, adică „masa, temperatura, compoziţia chimică a materialului, duritatea finală, precum şi caracteristicile cuptorului".

Rezolvînd aceste ecuaţii, maşina de calcul găseşte cu exactitate temperatura în orice punct al cuptorului, mai repede decît prin măsurătorile simple. Pentru fiecare sortiment de bandă, maşina calculează ciclul teoretic ideal de recoacere. Prin dispozitivele sale de ieşire, ea reglează temperatura în fiecare zonă a cuptorului, reglînd totodată viteza de mişcare a benzii. În acest fel, maşina de calcul nu numai că determină neîntrerupt regimul optim de recoacere pentru fiecare sortiment, dar asigură şi schimbarea necesară a regimului, prin reducerea la minimum a influenţelor factorilor externi. Maşina de calcul se conectează periodic la diferite dispozitive şi transformă indicaţiile lor sub formă de cifre. Datele obţinute de la dispozitivul amintit se grupează pe categorii repartizate din timp. Apoi se scot pe o maşină electrică de scris sau prin fişe perforate. Aceste fişe se prelucrează în continuare pe maşini obişnuite de calcul, pentru a se stabili mai exact continuitatea procesului şi a descrierii lui matematice. Maşina de calcul face de asemenea multe calcule de exploatare : transformă producţia liniară în greutate şi sortează producţia după diferite categorii şi calităţi, calculează lungi-

mea benzii, determină locul de sudură între diferite rulouri etc.

După fiecare oră, sau după un schimb de opt ore, maşina de calcul dă indicaţii economice asupra producţiei şi productivităţii, atît orare cît şi pe schimburi.

Automatizarea laminorului reversibil pentru laminarea la rece a metalelor neferoase

Autorul referatului este V. I. Feigin din U.R.S.S. şi conţine date complete asupra automatizării laminorului reversibil.

Prin automatizarea laminorului reversibil pentru laminarea la rece se poate obţine în special reducerea deşeurilor din cauza grosimii necorespunzătoare a platbandei, ridicarea calităţii benzii laminate şi ridicarea productivităţii laminorului.

Pentru obţinerea rezultatelor arătate, sînt necesare trei sisteme de automatizare :

1. Sistemul reglării automate a grosimii benzii în procesul de laminare. Acest sistem permite reducerea diversităţii grosimilor benzii şi uşurează laminarea cu maximum de viteză permisă de laminor, eliminînd operaţiunile laminorului de măsurare a grosimii benzii şi reglare a deschiderii între valţuri.

2. Sistemul opririi automate a laminorului la capătul fiecărei treceri. Acest sistem reduce calea şi timpul aderării cilindrilor, ridică viteza medie a laminării şi eliberează pe operator de răspunderea operaţiei.

3. Sistemul de control automat al presării metalului pe valţuri. Acest sistem ajută pe tehnologi de a construi just schema degroşării metalului şi protejează cilindrii contra depăşirii presiunii maxime admise. Cele trei sisteme arătate mai sus au fost aplicate la două laminoare reversibile „quarto-250" de biroul de construcţii „Automatica metalelor neferoase" din U.R.S.S.

Întregul complex al automatizării laminoarelor se află în acest moment în exploatare industrială, iar experienţa exploatării acestor instalaţii automate au arătat capacitatea lor de funcţionare, siguranţa şi răspunderea la toate exigenţele tehnologice.

Caracteristica tehnică a laminorului. Laminorul reversibil pentru laminarea la rece „quarto-250" reprezintă o cajă degrosoare şi doi tamburi pentru înfăşurat şi desfăşurat banda ce serveşte la laminarea alamei.

Programul caracteristic de presare este 1,0—0,75—0,6—0,5—0,4 mm.

Valţurile lucrătoare sînt de 250 mm, iar cilindrii de reazim sînt de 750 mm, lungimea 800 mm şi viteza de laminare 3,5 m/s. Răcirea valţurilor se face cu emulsie. Conducerea electrică a valţurilor este realizată cu sistemul motor generator de curent continuu cu puterea de 300 kW, 450—900 rot/min la 440 V. Raportul de transmisie a reductorului este de 3,37. Tamburii pentru tablă au diametrul de 500 mm şi lungimea de 800 mm. Aceşti tamburi sînt acţionaţi cu motoare electrice de curent continuu de 57 kW, 680—1 175 rot/min la 440 V şi un generator cu puterea de 85 kW. Numărul maxim de spire pe tambur este de 500.

Sistemul reglării automate a grosimii benzii. Grosimea benzii laminate, după cum se ştie, depinde de deschiderea între cilindrii, mărimea fracţiunii din faţă şi din spate, grosimea benzii pînă la laminare şi viteza de laminare. Asupra grosimii benzii mai are influenţă şi elasticitatea valţurilor şi a batiurilor cajei, temperatura valţurilor, precum şi alţi factori de care adeseori se poate foarte greu ţine seama.

Reglarea automată în acest caz, trebuie să aibă în vedere menţinerea permanentă a grosimii benzii în limitele toleranţelor ; ca elemente sensibile ale sistemului de automatizare apar dispozitivele de măsură a grosimii pe bază de izotopi de tipul I.T.U. 495. Aceste aparate, fără a fi în contact cu banda, permit să se măsoare exact şi repede grosimea ei, pe baza absorbţiei razelor β. Prin această metodă de control, dispozitivul stabileşte abaterile de la grosimea dată a benzii cu oarecare întîrziere.

Marea sensibilitate a sistemului de automatizare poate duce la apariţia în sistem a unor oscilaţii nepermise care sînt remediate prin introducerea unui element ce integrează devierea.

Sistemul opririi automate a laminorului. Benzile subţiri se laminează de obicei fără a elibera capetele benzii din tamburii de înfăşurare, astfel că prin aceasta se reduce timpul operaţiilor auxiliare şi creşte considerabil capacitatea de producţie a laminorului, Oprirea laminorului la capătul trecerii fără eliberarea capătului benzii din tambur este o operaţie grea şi de răspundere. Trebuie ales momentul exact de începere a frînării, întrucît prin oprirea timpurie a laminorului, rămîne nelaminată o mare bucată de bandă, iar prin întîrzierea opririi laminorului capătul nelaminat poate pătrunde printre cilindrii, prin trecerile anterioare ale benzii, ceea ce duce la stricarea valţurilor. Sistemul automat de oprire a laminorului eliberează omul de o operaţiune dificilă, ridică productivitatea laminorului, scurtează lungimea capetelor necorespunzătoare ale benzii şi în fine, este eliminată posibilitatea distrugerii cilindrilor.

Sistemul automat stabileşte momentul optim pentru începerea lucrului la laminor, scăzînd din numărul spirelor benzii rămase pe tamburul desfăşurător, astfel ca oprirea completă a laminorului să se facă exact la lungimea stabilită a benzii, rămasă nelaminată.

Problema acestei automatizări se reduce la aceea că, laminorul începe să adere pe bandă la un rest determinat al benzii de pe tamburul anterior şi să conducă procesul de oprire după un program înainte stabilit, oprindu-se la un

rest de bandă de asemenea antecalculat. De fapt, tamburul desfăşurător este legat cu un tahometru cu clichet, care este în legătură cu panoul de comandă. La desfăşurarea tamburului pînă la ultimele 10 spire, prin intermediul unei piuliţe ce avansează pe axul tamburului se opreşte desfăşurarea acestuia, începînd înfăşurarea lui, în sens invers. Este de la sine înţeles că aceste operaţiuni sînt sincronizate cu conducerea valţurilor din laminor, ţinînd seama în acelaşi timp de întinderea benzii şi viteza periferică a tamburilor.

Sistemul controlului automat al presiunii metalelor pe cilindri de laminare. Pentru reglarea automată a grosimii benzii este important să obţinem pe laminor respectiv să avem adaptate la cilindrii de laminare un sistem automat pentru controlul presiunii metalului pe aceşti cilindrii. În acest fel, se pot proteja cilindrii de laminare contra ruperii din cauza presiunilor prea mari pe care le suportă la introducerea în laminor a benzilor îngroşate sau din cauza altor deficienţe.

Afară de aceasta, permanenta măsurare a presiunii metalului pe valţuri permite tehnologilor să stabilească mai just schema optimă de laminare, ducînd la o productivitate mărită a laminorului şi la prelungirea vieţii cilindrilor.

Elementele de măsură pentru controlul presiunii sînt dinamometrele, fixate sub şurubul de presiune a cajei. Există şi aparate indicatoare pe a căror scală, în dreptul diviziunii corespunzătoare limitei admise de presiune, este un orificiu prin care lumina cade pe o celulă fotoelectrică; la rîndul ei, celula dă semnalul electric corespunzător pentru oprirea agregatului printr-un fotoreleu. Elementele sensibile ale dinamometrelor sînt de obicei mărcile tensometrice, care sînt lipite pe suprafaţa interioară a agregatului ce primeşte presiunea (atît caja laminorului cît şi cilindrii de laminare). În general, mărcile tensometrice sînt aplicate pe capetele cilindrului şi se utilizează mărci din fir de constantan 0,02 mm bobinate în stea.

Rezultatele exploatării industriale ale laminoarelor automatizate

Cele descrise mai sus, date cu totul rezumative, dau o imagine asupra sistemului de laminare a benzilor la rece a metalelor neferoase în sistemul automatizat. Din aceasta rezultă următoarele concluzii:

1. Sistemul asigură laminarea benzilor în limitele grosimilor admise, fără prezenţa omului. Analiza comparativă a oscilogramelor ridicate la reglarea manuală şi automată a grosimilor, arată că sistemul automat satisface mai exact toleranţele decît lucrul manual executat de un personal calificat. De exemplu, prin laminarea benzii de 0,6 mm la 0,5 mm în regimul de conducere manuală, s-au fixat abateri de grosime ajungînd la 0,072 mm, iar prin laminarea aceleiaşi benzi prin reglare automată devierile de grosime nu au depăşit 0,023 mm.

2. Sistemul automat a uşurat substanţial munca omului şi a permis ridicarea vitezei de laminare pînă la limitele maxime admise de construcţia laminorului.

3. Sistemul controlului permanent al presiunii metalului asupra valţurilor, asigură o durată constantă de lucru cu o eroare pînă la $\pm 5\%$. Prezenţa dispozitivului pentru controlul presiunii metalului pe valţuri a permis tehnologilor de a întocmi scheme raţionale de laminare şi în unele cazuri de a face laminări prin trei treceri în loc de patru.

4. Sistemul automat asigură frînarea laminorului după un grafic optim, ca urmare a scurtării timpului de frînare şi a reducerii lungimii capetelor necorespunzătoare ale benzii care se lamineză. Pe baza unui mare număr de măsurători s-a stabilit că, la operaţiile manuale timpul de frînare oscilează în limitele 16,7—63,5 s şi în medie depăşeşte 30 s; prin opririle automate timpul de frînare este, în medie de numai 8 s iar în funcţie de viteza de laminare, oscilează între 6,7—8,7 s. Astfel se micşorează mult lungimea capătului benzii care se lamineză în regimul frînării.

Pentru comparaţie s-a ales una dintre cele mai bune diagrame a opririi manuale, cu timpul de frînare minimal de 24,6 s şi diagrama standard a opririi automate cu timpul maxim de 8,7 s.

În aceste condiţiuni, lungimea benzii laminate în regimul de frînare, la conducerea manuală, reprezintă 38,8 m iar la conducerea automată 12,2 m, deci sistemul automat reduce în acest caz deşeurile (capetele necorespunzătoare) cu mai mult de 3 ori.

5. Sistemul automat reduce timpul frînării şi ridică viteza medie de laminare cu mai mult de 10% respectiv ridică capacitatea de producţie a laminorului, sistemul uşurînd substanţial lucrul personalului.

Automatizarea laminorului „quarto-250" a indicat calea automatizării laminoarelor de acest tip şi a scos în evidenţă eficacitatea automatizării prin reducerea deşeurilor şi ridicarea productivităţii muncii.

Siderurgia, prin specificul ei, este o industrie cu proces continuu de fabricaţie şi din această cauză oferă cele mai interesante posibilităţi de aplicare a automatizării.

Congresul internaţional de la Moscova a dezbătut pe larg aceste posibilităţi; s-au prezentat referate privind studiul dinamicii cuptoarelor adînci cu instalaţie de modularea temperaturii, ajungîndu-se la concluzii cu totul surprinzătoare privind randamentul acestor cuptoare şi în special dînd indicaţii preţioase privitoare la proiectarea noilor cuptoare adînci.

Automatizarea furnalelor cu controlul tuturor parametrilor începînd cu aglomeratorul, turbosuflantele şi cowpere au fost de asemenea dezbătute şi discutate pe larg mai cu seamă de specialiştii sovietici.

Referatele prezentate şi discutate la acest Congres constituie pentru noi un material preţios pentru punerea în aplicare a sistemelor de automatizare în industria noastră metalurgică.

În dezbaterile Congresului un loc important l-a ocupat automatizarea industriei constructoare de maşini şi în special automatizarea maşinilor-unelte.

Delegatul Japoniei, Takuro Suko, a prezentat referatul : Sistemul cifric de comandă prin transistori a maşinilor unelte. În acest referat se descrie în special sistemul cifric de comandă HIDAM-401 şi principiul lui de funcţionare.

HIDAM-401 este un sistem cifric de comandă destinat comenzii pe trei axe de coordonate la maşina japoneză de frezat vertical 21/2.

Particularitatea acestui sistem de comandă este că a exclus cu desăvîrşire tuburile electronice întrebuinţînd numai semiconductorii fabricaţi de uzinele HITACHI.

Deşi temperatura nu mai este astăzi o barieră de netrecut la folosirea transistorilor, la acest sistem nici nu se poate pune problema deoarece cei 860 transistori şi 1 200 diode consumă numai 12 V.

În general, pentru acest sistem de comandă, nu este nevoie de transistori de înaltă frecvenţă. Frecvenţa limită nominală de amplificare pentru transistorii de tip H.J. 22 D, utilizaţi drept comutatori, este de 6 MHz ; cu toate acestea, marea majoritate a transistorilor întrebuinţaţi fac parte din transistorii cu frecvenţa între 10 şi 20 MHz. De asemenea este necesar un oarecare număr de transistori compensatori, cu înaltă tensiune la colector şi un oarecare număr de putere mare la ieşire. Transistorii menţionaţi mai sus se montează în panouri mici închise ermetic, lucrare tipică pentru clima tropicală.

Maşina-unealtă comandată, este o maşină de frezat verticală din cele fabricate în serie, transformată pentru a lucra cu sistemul de comandă HIDAM-401.

Şnecurile maşinii care comandă masa şi capul divizor au fost înlocuite cu cilindri hidraulici comandaţi de o pompă de ulei cu debit de 17,8 l/min la o presiune de 70 kg/cm^2. Maşina mai are o servosupapă care stabileşte corelaţia dintre semnalul electric şi presiunea uleiului. Servoamplificatorul care comandă servosupapa este cu transistori.

Din referat se trag următoarele concluzii :

1. Transistorii sînt aplicabili ca elemente de comandă.

2. Actualmente chiar tuburile electronice de mare putere pot fi înlocuite cu transistori.

3. Utilizarea transistorilor la diverse construcţii speciale, permite executarea acestor construcţii destul de robuste şi puţin sensibile la condiţiile atmosferice.

4. Instalaţiile electronice cu transistori pot lucra aproximativ 3 000 de ore fără defecţiuni.

În concluzie, lucrările Congresului de la Moscova deschid posibilităţi largi de aplicare şi dezvoltare a mecanizării şi automatizării proceselor industriale continue din ţara noastră. Hotărîrile Congresului al III-lea al P.M.R. pun în faţa oamenilor de ştiinţă şi specialiştilor din ţara noastră sarcina introducerii progresului în toate ramurile tehnicii. Combinatul siderurgic de la Galaţi, marile investiţii în chimie, construcţii de maşini şi celelalte ramuri ale economiei naţionale, reprezintă un vast cîmp de aplicare a tehnicii noi.

După închiderea Congresului de Automatizare de la Moscova, prin grija Comisiei de Automatizare a Academiei de Ştiinţe din U.R.S.S., am vizitat uzina „Vibrator" din Leningrad.

Această uzină înfiinţată acum 35 de ani, fabrică aparate de măsură electrice ca : milivoltmetri, miliampermetri, microampermetri, voltmetri electronici, aparate de măsură marine, contoare, exponometre etc.

Am cercetat în special secţiile productive ale pieselor de schimb şi ale subansamblelor, pe care le vom relata în cele ce urmează.

Secţia confecţionării axelor de aparate. În această secţie se prelucrează axele între 0,3 şi 1,5 mm, după ce conicitatea lor a fost executată la maşini unelte. Axele astfel prelucrate sînt tratate unul cîte unul într-o instalaţie cu curenţi de înaltă frecvenţă, după care sînt şlefuite cu oxid de crom la o maşină specială. Această maşină, cu randament foarte mare, are forma unei maşini de găurit de masă cu cap rabatabil. Axele mici sînt fixate pe o placă dreptunghiulară care la rîndul ei este prinsă pe capul frontal al maşinii de polizat. Datorită unui excentric, placa cu axe face o mişcare în 8 ; placa cu axe este cufundată într-o baie cu abraziv. Un sistem electric inversează sensul de rotaţie din 4 în 4 minute, iar operaţia de şlefuire durează 20 minute.

După şlefuire axele sînt controlate la un microscop de profile unde se verifică calitatea suprafeţei şi conicitatea axului. Aceste axe trebuie să aibă o conicitate de 60 grade şi o rază de 13 microni.

Secţia de laminare a benzilor din bronz fosforos. Pentru fabricarea resoartelor la instrumentele de măsură se întrebuinţează benzi subţiri din bronz fosforos laminate din fir din grosimi variind între 0,5—1,3 mm. Laminoarele pentru fabricarea acestor benzi sînt prevăzute cu cilindrii profilaţi cu ghidaje speciale şi dispozitive optice şi electronice de control al grosimii şi lăţimii benzii. În timpul laminării benzile sînt trecute prin băi speciale de decapare şi aurire pentru a le feri de oxidări. În această secţie se confecţionează şi resoartele spirale cu dublă

înfăşurare pentru instrumentele de măsură cu ajutorul unor maşini speciale de înfăşurat în casete de diferite mărimi. Maşinile de înfăşurat sînt atît automate cît şi manuale şi au o mare productivitate, eliminînd cu totul rebuturile. După înfăşurare casetele sînt trecute în secţia de tratament termic. Casetele sînt introduse în cuptoare cu rezistenţe cu vacuum şi ţinute la o temperatură de 340°C timp de 2 ore. Tot în această secţie se prelucrează firele din bronz fosforos pentru construirea echipamentelor mobile cu suspensie; aparatele respective sînt însă executate de alte uzine din U.R.S.S. Secţia aceasta mai confecţionează bobinele pentru cadrul mobil al instrumentului precum şi montarea întregului echipament al cadrului mobil. Bobina este executată pe un cadru subţire de duraluminiu, bachelitizată, şi apoi trecută prin cuptor electric, pentru polimerizare. Această secţie produce de fapt atît echipamentele mobile şi piesele de schimb pentru aparatele fabricate la uzina „Vibrator", cît şi pentru o serie de alte uzine de montaj din Uniunea Sovietică. *La secţia de montaj pentru aparate de măsură* se montează aparatele descrise pe cadre metalice şi deobicei în cutii de bachelită. Aparatele marine sînt fabricate din metale neferoase, pentru a fi ferite de efectul coroziunii. Un lucru important în această secţie îl constituie maşinile de gradare a cadranelor, care satisfac toate cerinţele impuse de verificarea metrologică. De fapt, aceste maşini sînt nişte pantografe cu control optic şi electronic, care permit gradarea atît zecimală cît şi logaritmică.

Ultima secţie vizitată a fost *secţia de montaj a exponometrelor*. Exponometrele fotografice şi cinematografice, construite pe bază de seleniu sînt fabricate în această secţie, atît pentru consumul intern, cît şi pentru export. În această secţie sînt fabricate toate reperele şi subansamblele exponometrului, afară de carcasa metalică, care este presată în această secţie. Este demn de remarcat în această secţie sistemul de control atît al reperelor, cît şi al exponometrului fabricat în camere speciale cu luminozitate gradată.

Uzina „Vibrator" este una dintre cele mai importante şi mai bine organizate fabrici de instrumente din Uniunea Sovietică şi a constituit pentru noi un mijloc preţios de informare pentru a aplica cuceririle tehnicii sovietice în întreprinderile noastre constructoare de aparate de măsură.

Concluzii

Congresul Internaţional de Automatizare, ţinut recent la Moscova, a fost un bun prilej de informare şi documentare asupra posibilităţilor mondiale de automatizare, în scopul aplicării celor învăţate, pentru promovarea tehnicii noi în industria siderurgică a ţării noastre.

I. SZEKELY

Comportarea utilajelor din industria chimică în circuitele de automatizare

CZ 621–52 : 66.02

În cadrul Congresului I.F.A.C. au fost prezentate unele comunicări avînd ca obiect analiza comportării utilajelor din industria chimică.

În comunicarea sa, H. J. Morris deduce funcţiile de transfer ale schimbătoarelor de căldură tubulare cu circuit simplu şi dublu, pe canalul de perturbare temperatură de intrare — temperatură de ieşire. Caracteristicile de frecvenţă pentru ambele tipuri de schimbătoare de căldură au fost calculate cu maşini electronice de calcul şi comparate cu datele experimentale corespunzătoare obţinute pe schimbătoare de căldură reale. Compararea acestor caracteristici a dus la următoarele concluzii:

1) caracteristicile de frecvenţă teoretice şi experimentale se suprapun suficient de exact;

2) la analiza teoretică este obligatoriu a se ţine seama de modul de amestecare a lichidului în camera de retur a schimbătorului de căldură;

3) tipul simplu de schimbător de căldură asigură o aproximaţie suficient de bună şi pentru schimbătoarele de căldură mai complicate, dacă se introduce corecţia de la diferenţa medie logaritmică de temperaturi.

Autorul deduce ecuaţiile diferenţiale cu derivate parţiale şi funcţiile de transfer, admiţînd următoarele ipoteze simplificatoare:

— parametrii sistemului sînt constanţi;

— capacitatea termică a corpului schimbătorului de căldură este neglijabilă;

— conductibilitatea termică în lungul ţevilor este neglijabilă;

— rezistenţa termică a ţevii este luată în considerare prin coeficientul de termotransmisie;

— lichidul se amestecă ideal şi instantaneu în direcţie radială;

— dinamica procesului de amestecare în camera de întoarcere se exprimă printr-o ecua-

ţie diferenţială de gradul întîi, avînd constanta de timp egală cu timpul de trecere a fluidului prin camera de întoarcere.

Caracteristicile experimentale de frecvenţă s-au determinat cu metoda perturbaţiilor în treaptă, iar calculul expresiei analitice a transformării Fourier s-a făcut cu o maşină de calcul numerică. Caracteristicile de frecvenţă ale fiecărui schimbător de căldură s-au determinat pentru mai multe regimuri: pentru diverse temperaturi la intrarea şi ieşirea din spaţiul tubular şi diverse debite ale fluidului cald şi rece.

Autorul prezintă şi o descriere detaliată a schimbătoarelor de căldură şi a instalaţiei experimentale pentru determinarea caracteristicilor dinamice. Rezultatele calculelor şi determinărilor experimentale sînt prezentate sub formă de tabele şi diagrame.

Trebuie remarcat că cercetările întreprinse de autor, oferă un material preţios în sprijinul admiterii ipotezelor simplificatoare; dealtfel acestea au fost folosite cu mult înainte de alţi cercetători, dar neverificate suficient de exact. Pînă în prezent, cercetările nu elucidează decît problema comportării dinamice pe principalul canal de perturbări (cel al temperaturilor de intrare); în acest caz fenomenul nu este dificil de stabilizat. Rămîne deschisă problema comportării dinamice a schimbătorului de căldură la oscilaţiile de debit ale fluidelor, ce au constante de timp mult mai mici şi reprezintă un factor mult mai important sub aspectul stabilizării temperaturii de ieşire a fluidului.

Caracteristicile de frecvenţă obţinute de autor pot fi folosite ca atare în calculele inginereşti ale sistemelor de reglare automată a temperaturii, la ieşirea schimbătorului de căldură.

În cea de a doua lucrare, autorul analizează comportarea coloanelor de absorbţie cu talere şi sistemele de reglare cele mai adecvate acestor coloane din punct de vedere al calităţii reglării.

Pentru a stabili comportarea acestui gen de coloane de absorbţie, autorul deduce un sistem de patru ecuaţii; ele exprimă dependenţa funcţională dintre compoziţia gazului la ieşirea din absorber şi compoziţia şi debitul gazului, respectiv absorbantului proaspăt. Deducţia a fost făcută pe baza metodei indicate de Mickley, Sherrwood şi Reed, acceptîndu-se următoarele ipoteze simplificatoare:

— cantitatea de gaz deasupra lichidului din taler este neglijabilă faţă de cantitatea de lichid:

— randamentul talerului este de 100%;

— raportul dintre compoziţiile gazului şi ale lichidului în stare de echilibru se exprimă printr-o relaţie liniară:

$$Y_n = mX_n + b \qquad (1)$$

— cantitatea de lichid pe oricare din talere este constantă şi identică;

— efectul termic al absorbţiei este neglijabil.

În cazul în care admiterea ipotezei randamentului total duce la erori mari este suficient ca în expresia (1) să înlocuim m cu expresia $\frac{Em}{100}$ unde E este randamentul talerului în procente.

Autorul prezintă soluţia sistemului pentru un caz concret, cu valorile cifrice cele mai uzuale. Au fost stabilite curbele de răspuns şi caracteristicile de frecvenţă pentru următoarele canale de perturbaţie:

— concentraţia gazului la intrare	— concentraţia gazului la ieşire
— concentraţia absorbantului la intrare	— concentraţia gazului la ieşire
— debitul gazului la intrare	— concentraţia gazului la ieşire
— debitul absorbantului la intrare	— concentraţia gazului la ieşire

Perturbaţiile în treaptă ale compoziţiei gazului proaspăt provoacă un răspuns cu constantă de timp echivalentă de aproximativ 12 min. Durata perioadei tranzitorii (atingerea a 95% din valoarea staţionară în noul regim) este de circa 27 min. Perturbaţiile compoziţiei lichidului produc o reacţie mult mai rapidă: constanta de timp circa 2 min, durata 13 min. Acelaşi răspuns îl dau perturbaţiile de concentraţie a lichidului. Din analiza caracteristicilor de frecvenţă reiese că pe canalul de perturbare al concentraţiei gazului proaspăt amplitudinea scade foarte repede, banda de admisie avînd limita $\omega = 0{,}13$ rad/min; pe canalul de perturbare al concentraţiei absorbantului proaspăt banda de admisie este mult mai largă avînd limita $\omega = 0{,}33$ rad/min.

În cazul în care parametrul de reglat este compoziţia gazului la ieşirea din absorber, aşa cum îşi propune autorul, este raţional a se acţiona asupra compoziţiei sau debitului unuia din fluide. Din analiza mai sus expusă, reiese că reglarea prin acţionarea asupra compoziţiei sau debitului absorbantului asigură caracteristici mai bune ale reglării. Practic, este mai uşor a se acţiona asupra debitului absorbantului. Ţinînd seama de constantele de timp mai sus-amintite şi admiţînd, că, constantele de timp ale regulatorului sînt de ordinul cîtorva secunde, polii corespunzători vor avea valori foarte mari în raport cu polii funcţiei de transfer a coloanei şi aceştia din urmă pot fi neglijaţi. Repartiţia polilor şi rădăcinilor este fixă la o coloană dată, întrucît este determinată numai de parametrii coloanei.

Folosirea regulatoarelor proporţionale ne dau un sistem stabil şi supraamortizat. Folosirea unui regulator *PI* (astatic) asigură evitarea abaterii statice, fără însă să îmbunătăţească calitatea reglării în mod simţitor. Prin folosi-

rea unui regulator *PID* calitatea reglării se îmbunătăţeşte în limite relativ restrînse. Pentru îmbunătăţirea esenţială a calităţii reglării se poate elabora un regulator special ale cărui funcţii de transfer sînt prezentate de autor.

În concluzie, autorul prezintă un material bogat şi direct utilizabil în calcule, atunci cînd parametrul de reglat este concentraţia gazului la ieşire şi efectul termic al absorbţiei este neglijabil.

Primul caz este frecvent, întîlnindu-se oriunde scopul absorbţiei este purificarea unui gaz, prin spălare. Neglijarea efectului termic al absorbţiei nu este acceptabilă decît acolo unde componenta absorbită de gaz are o concentraţie foarte mică. În alte cazuri degajarea de căldură ce însoţeşte absorbţia este importantă. Pe de altă parte, coeficientul de absorbţie este foarte sensibil la temperatură, la cele mai multe gaze variind cu 2—6% de fiecare grad.

În multe cazuri produsul final al absorbţiei este absorbantul bogat, iar gazul de ieşire este eşapat. În acest caz, parametrul de reglat este concentraţia absorbantului bogat. Autorul nu tratează acest caz, deşi pînă în prezent nu este soluţionat.

Comunicarea lui Rosenbrock şi a colaboratorilor săi reprezintă continuarea cercetărilor întreprinse anterior în legătură cu separarea amestecurilor binare. Atît lucrările precedente cît şi comunicarea au ca obiect stabilirea ecuaţiilor de schimb de masă în forma cea mai favorabilă pentru programarea la o maşină de calcul numeric şi stabilirea acestui program.

Pentru simplificarea analizei matematice s-au admis următoarele ipoteze simplificatoare:

— debitele de vapori şi lichid, inclusiv ale amestecului brut şi al produselor finale s-au considerat cunoscute şi constante în tot decursul procesului trazitoriu. Debitele de vapori şi lichid corespunzătoare bilanţului termic în regim staţionar, pot fi diferite pe diversele talere şi dau regim tranzitoriu; bilanţul termic şi debitele se consideră constante;

— cantitatea de vapori deasupra lichidului din taler este neglijabilă în raport cu cantitatea de lichid, iar cantitatea de lichid se consideră constantă pe taler în tot decursul procesului tranzitoriu;

— presiunea se consideră constantă de-a lungul întregii coloane şi constantă în tot decursul procesului tranzitoriu;

— se presupune că pe fiecare taler se realizează o amestecare ideală a lichidului, astfel că fiecare taler se caracterizează printr-o compoziţie determinată a amestecului de lichid şi vapori;

— în calcul se consideră „talerele teoretice", întrucît în prezent nu este încă posibil să se generalizeze noţiunea de randament al talerului, folosit la amestecurile binare şi la amestecuri cu mai mulţi componenţi.

În principiu, nici una din ipotezele simplificatoare nu este impusă de metoda de rezolvare, întrucît aproape toate problemele ce pot fi determinate pe cale matematică, pot fi rezolvate şi la maşini de calcul numerice.

Totuşi, fără aceste ipoteze, timpul pentru rezolvarea problemei şi mai ales timpul pentru programare se măreşte sensibil.

În lucrare se descrie şi instalaţia cu care s-a făcut verificarea experimentală a rezultatelor calculelor. Rezultatele obţinute prin calcul corespund satisfăcător cu cele experimentale.

Orcutt şi Lamb prezintă rezultatele cercetărilor privitoare la comportarea agregatului de reacţie cu strat fix de catalizator şi schimb de căldură între fluxul de intrare şi cel de ieşire. Cercetările au avut drept scop stabilirea condiţiilor în care perturbaţiile de compoziţie şi temperatură ale fluxului de intrare duc la variaţii continui ale compoziţiei şi temperaturii fluxului de ieşire.

Autorii deduc funcţia de transfer a reactorului cu strat fix de catalizator. Funcţia de transfer obţinută ţine seama de viteza finită de schimb de căldură între fluid şi catalizator şi poate fi folosită şi la analiza cineticii reacţiilor chimice. Deoarece deducerea funcţiei de transfer se bazează pe ecuaţiile de continuitate a fluxului în regim tranzitoriu, care au fost liniarizate, această funcţie de transfer este aplicabilă numai în cazul abaterilor mici de la regimul staţionar.

Pe baza funcţiei de transfer se deduce un criteriu simplu de determinare a domeniului de stabilitate a funcţionării reactorului. De asemenea, se analizează problema stabilităţii agregatului în ansamblu. Pentru obţinerea funcţiei de transfer pe întregul agregat, se foloseşte funcţia de transfer obţinută de autori pentru reactor şi funcţiile de transfer ale cîtorva schimbătoare de căldură de diverse tipuri.

Funcţia generală de transfer obţinută este folosită pentru deducerea criteriului de stabilitate pentru întregul agregat. Pentru folosirea în calcule a criteriului de stabilitate, este suficient să se cunoască caracteristicile statice ale reactorului şi schimbătorului de căldură.

Pentru verificarea exactităţii relaţiilor obţinute, s-a modelat pe o maşină analogică un sistem liniar complex, format dintr-o coloană de sinteză a amoniacului şi dintr-un schimbător de căldură exterior.

Condiţiile de lucru stabil şi instabil au fost cercetate prin perturbaţii constînd din salturi de temperatură la intrarea în sistemul închis. Domeniile de stabilitate astfel determinate au corespuns cu cele prevăzute pe cale analitică.

Întrucît autorii au ţinut seama la stabilirea funcţiei de transfer de toate canalele de perturbaţii ce prezintă importanţă în condiţiile indus-

triale şi nu au apelat la ipoteze simplificatoare discutabile, exceptînd pe cea a mărimii perturbaţiilor, rezultatele obţinute sînt direct utilizabile în calcule curente, atunci cînd se cunosc caracteristicile procesului în regim staţionar.

Laboratorul de automatizări pneumohidraulice al Institutului de Automatică şi Telemecanică, condus de M. A. Aizerman şi A. A. Tal are în prezent drept principală preocupare elaborarea dispozitivelor pneumatice de calcul şi schemelor cu relee pneumatice. În aceste lucrări este antrenat un colectiv numeros, întrucît se apreciază că în viitorul apropiat mijloacele pneumatice îşi vor cîştiga un domeniu larg de utilizare. Aceasta datorită faptului că aparatura pneumatică este simplă, sigură în exploatare şi îndeplineşte prin natura sa condiţiile de protecţie în medii inflamabile şi explozive. Dacă în sistemul de conducere a procesului se dovedeşte necesară folosirea dispozitivelor de calcul faţă de care nu există pretenţii deosebite în ceea ce priveşte rapiditatea, dispozitivele de calcul pneumatice sînt întru totul corespunzătoare. Întrucît majoritatea proceselor industriale sînt relativ lente, conducerea lor se dovedeşte mai totdeauna accesibilă elementelor de calcul pneumatice.

La baza elaborării sistemelor pneumatice bipoziţionale stau aceleaşi principii ca la baza elaborării sistemelor electrice corespunzătoare, cu deosebirea că atît releele cît şi circuitele sînt pneumatice. Desigur, semnalele sînt de asemenea pneumatice. Pneumoreleul constă din organul pneumatic de anclanşare şi din grupul de contacte pneumatice.

Schemele experimentale conţin de asemenea elemente similare cu rezistenţele fixe şi variabile din schemele electrice. Pneumorezistenţele fixe nu sînt altceva decît porţiuni de capilar care se includ în unele scheme la punctul de racordare a sistemului la reţeaua pneumatică sau în punctele de comunicare cu atmosfera.

Pneumocontactul este realizat sub formă de cuplu ajutaj-clapetă şi echivalează cu o rezistenţă în circuitul pneumatic, care variază de la zero (cînd clapeta este îndepărtată de ajutaj) pînă la infinit (cînd clapeta este aşezată pe ajutaj). Dacă clapeta ocupă numai aceste două poziţii limită, cuplul ajutaj-clapetă îndeplineşte funcţiile unui contact şi poate deschide sau închide circuitul pneumatic.

Organul de acţionare a releului pneumatic constă din trei membrane plate, legate între ele în centrele lor cu distanţoare rigide. Cursa membranelor este limitată la ambele capete. Membranele sînt încastrate în corpul relului pe periferie. Aerul de comandă se dă în camerele ce separă membranele. Legătura dintre organele acţionate şi contact se realizează prin faptul că limitatoarele de cursă joacă şi rolul de ajutaj.

Ca mărime, pneumoreleul are aproximativ următoarele dimensiuni: 25 × 25 × 30 mm, avînd corpul executat din alamă.

Cu ajutorul elementelor descrise se realizează diverse scheme experimentale de operaţii logice.

În afară de cele arătate laboratorul experimentează diverse combinaţii de blocuri pneumatice de tip AUS în vederea realizării anumitor funcţii speciale de reglare (de exemplu optimalizarea proceselor de neutralizare, sinteză în fază lichidă etc.).

De asemenea s-a realizat un oscilator pneumatic de relaxare fără părţi în mişcare ale cărui oscilaţii, după o filtrare corespunzătoare se apropie mult de oscilaţiile sinusoidale. Din lipsă de timp nu am avut posibilitatea de a face cunoştinţă mai de aproape cu aceste dispozitive.

Volumul de lucrări în domeniul automatizării hidraulice este relativ redus. Actualmente se elaborează un sistem unificat de blocuri hidraulice, similare cu sistemul AUS, folosibile acolo unde se cer eforturi mari de execuţie şi rapiditate mai mare ca blocurile pneumatice. Constructiv, aceste blocuri sînt întru totul asemănătoare cu blocurile AUS.

Propuneri privitoare la automatizarea industriei chimice din R.P.R.

1. În scopul soluţionării raţionale a problemei alegerii regulatoarelor celor mai corespunzătoare şi acordării lor optime, se propune a se organiza, pe baza unui program corespunzător, determinarea experimentală a caracteristicilor dinamice ale utilajelor celor mai frecvente din tehnologia chimică. Aceste determinări se pot face pe utilaje în funcţiune fără perturbarea mersului producţiei şi cu mijloace simple. În acelaşi timp, acumularea unui minim de date experimentale vor permite proiectării să înlocuiască baze empirice cu baze de calcul ingineresc.

2. Deoarece este prevăzut ca între anii 1961—1965 să se introducă cîteva maşini electronice de calcul, atît numerice cît şi analogice, este util a se forma specialişti pentru programarea problemelor tehnologice şi interpretarea rezultatelor precum şi pentru întreţinerea şi repararea acestor maşini.

Este raţional a se procura o primă maşină analogică încă în cursul anului 1961 care să deservească cercetările tehnologice curente. În acest scop este corespunzătoare o maşină analogică de tip EMU-80 care se fabrică în serie în U.R.S.S. cu începere din anul în curs. Maşina este capabilă de a rezolva sisteme pînă la gradul 10 inclusiv, astfel că este în măsură de a rezolva toate problemele de tehnologie chimică, fie dintr-o singură programare, fie succesiv.

3. Propunem elaborarea de către MIPC a unui program de analiză succesivă a instalaţiilor industriale existente, în vederea stabilirii condiţiilor în care modernizarea acestor instalaţii este raţională din punct de vedere tehnic şi economic şi elaborarea proiectelor corespunzătoare.

4. Este raţională extinderea folosirii sistemelor de telemecanizare în extracţia şi transportul ţiţeiului şi gazelor.

T. TĂNĂSESCU

Aplicarea radioizotopilor în automatică

CZ 621–52 : 621.039.8

Am reţinut în acest domeniu trei lucrări principale care sînt rezumate mai jos :

1. Analiza componentelor amestecurilor

Dezvoltarea rapidă a chimiei, metalurgiei şi a altor ramuri industriale a reclamat necesitatea introducerii automatizării complexe. Între altele s-a impus construcţia unor aparate care să controleze continuu, prin comenzi automate, compoziţia unor produse în cursul unor procese tehnologice industriale.

Pentru analiza componentelor s-au utilizat radioizotopi, şi anume s-a întrebuinţat analiza prin absorbţie a radiaţiilor, observînd prin metoda spectrometrică componentele de radiaţii X care apar.

La Congres, Sumilovski (U.R.S.S.) a arătat bazele teoretice ale acestei metode. Locurile de maxim ale energiei în spectru se ştie că sînt legate de numărul atomic al componentei din amestec. Ele identifică natura componentului. Intensitatea radiaţiei poate determina concentraţia componentei.

În experienţe s-a utilizat un spectrometru cu scintilator. Metoda nu este însă prea precisă, nici stabilă şi necesită aparatură complexă.

Metodele de măsură expuse se pot uşor mecaniza şi automatiza ; rezultatul lor poate servi controlului unei instalaţii industriale automatizate.

2. Standardizarea aparaturii în folosirea radioizotopilor

În U.R.S.S. s-au dezvoltat metode şi aparate numeroase pentru aplicarea radioizotopilor în industrie şi cercetări. Institute ale academiilor de ştiinţe, institute de învăţămînt superior, institute ale consiliilor tehnice de pe lîngă Consiliul de Miniştri, institute departamentale, la Moscova şi în diferite republici, numeroase fabrici speciale, au lucrat în acest domeniu.

A ajuns timpul să se pună problema standardizării şi unificării acestei aparaturi.

În primul rînd s-a pus problema aparatelor de tip releu, adică acelea în care nu este nevoie să se facă o înregistrare continuă a intensităţii radiaţiilor.

S-au standardizat astfel, la Institutul de fizică al Academiei de Ştiinţe din R.S.S. Letonă şi la fabrica din Talin, sursele de radiaţii şi traductorii compuşi din detectori şi blocul releu. Instalaţia este astfel standardizată încît poate fi reglată a lucra în condiţii foarte variate de sensibilitate şi constante de timp în răspuns. De pildă, instalaţia se poate utiliza fie fix pe o maşină unealtă, fie pe un vagon în mişcare pentru semnalizările de circulaţie, fie în maşini pentru marcări şi însemnări pe materiale (tabel de fier) care trebuie prelucrate automat.

Problema a doua de standardizare cu care s-a ocupat Institutul de automatică şi telemecanică al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S., Institutul de fizică al Academiei de Ştiinţe din R.S.S. Letonă şi Institutul de proiectare din Riga (Autoelectropribor) a fost aceea a aparatelor de măsură bazate pe modulaţia fascicolului.

Cu asemenea aparate se măsoară — fără un contact mecanic — turaţia maşinilor, debite, lungimea tablelor şi altele. Aceste dispozitive de măsură pot fi introduse în instalaţiile de automatizare.

A treia problemă de automatizare a fost aceea în legătură cu aparatele de măsurat grosimile tolelor şi straturilor depuse de tole. Ea a fost rezolvată de un institut al Academiei de Ştiinţe din R.S.S. Letonă şi de fabrica de aparate de măsură din Talin.

Este vorba de un aparat industrial, de tip releu. Utilizează o cameră de ionizare şi un amplificator de c.c. foarte stabil în timp. Cu toată reacţia de stabilizare el are un răspuns rapid. Aparatul se poate regla să lucreze cu grosimi corespunzătoare unor densităţi între 10 şi 10 000 g/m^2 cu precizii de 1%.

Unul din avantajele acestei acţiuni de standardizare a fost reducerea preţului aparatelor de 3 pînă la 4 ori.

3. O aplicaţie a radioizotopilor la maşinile de tăiat cărbunele de mină

Institutul minier al Academiei de Ştiinţe din U.R.S.S. a primit sarcina să ajute la elaborarea unor maşini automate, combine care să taie cărbunele în mină. În modul acesta se

scoate lucrătorul din frontul de abataj, unde munca este foarte grea.

O asemenea combină are patru dispozitive automate :

— cel care conduce operaţiile în timpul unui ciclu, adică antrenarea mecanismului de tăiere după programul maşinii ;

— cel care face ca să urmeze ciclu după ciclu ;

— cel care comandă mişcarea maşinii în direcţia necesară.

Ultimul dispozitiv trebuie să conducă maşina să lucreze numai în stratul de cărbune, deci să evite roca.

Pentru aceasta se utilizează un dispozitiv cu radioizotopi cu o sursă şi un detector cu tuburi G.Q. pentru măsura retrodifuziei. După o experienţă de 3 ani s-a ajuns la o instalaţie compusă din două unităţi. Una conţine sursa Cs^{137} sau Se^{75},detectorul sub forma unui tub G.M., un bloc de plumb despărţitor şi un etaj de preamplificare. Cea de-a doua unitate conţine intensimetrul electronic şi alimentarea.

Stratul de cărbune echivalează cu o densitate de 1,6 g/cm³ pe cînd roca 2,05—2,66 g/cm³.

Distanţa între sursă şi detector se ia cca 20—30 cm.

Dacă blocul se află la 1 cm de strat atunci releul blocului funcţionează la ± 3 cm de la linia de demarcaţie.

Au mai fost şi alte categorii de comunicări în care automatica se îmbină cu fizica şi fizica nucleară. De pildă, într-o comunicare era studiat regimul tranzitoriu într-un sistem de cataliză cu strat fix, în sensul de a studia modificarea compoziţiei şi a temperaturii produsului final în funcţie de variaţia compoziţiei şi temperaturii reactivului de la intrare.

O altă lucrare arată posibilitatea de a simula un proces fizic variabil care se petrece într-un domeniu larg al variabilelor-parametru de pildă, de ordinul 50 db.

În această problemă se face o aplicaţie privind simularea comenzii automate a reactorilor nucleari.

Lista comunicărilor prezentate la Congresul I.F.A.C.

Moscova — 1960

SECŢIA I. TEORIE

1.1. Teoria sistemelor liniare continue

Küpfmüller K. (RFG) — Limitele preciziei sistemelor de reglare cu reacţie.

Teodorcik K. F. şi *Bendikov G. A.* (URSS) — Metode de trasare a locului rădăcinilor sistemelor liniare şi de determinare calitativă a tipului de loc.

Lepsschy A. şi *Ruberti A.* (Italia) — O regulă pentru verificarea directă a criteriului Nyquist în diagrame nepolare.

Marsik I. (R. S. Cehoslovacă) — Unele posibilităţi de comandă a sistemelor cu parametri variabili.

Oetker R. (RFG) — Asupra reglării sectoarelor cu timp mort.

Qin Yuan Xun, Liu Iung Qing şi *Uang Lian* (R. P. Chineză) — Efectul decalajelor de timp asupra stabilităţii sistemelor dinamice.

Buckley P. S. (SUA) — Reglarea automată a proceselor cu timp mort.

Tiedemann A. T. şi *Higgins T. J.* (SUA) — Un procedeu pentru determinarea sistematică a efectelor schimbării valorii componentelor sistemelor automate.

Strejc V. (R. S. Cehoslovacă) — Posibilităţi şi realizări actuale de tabulare a proceselor cu reglare optimală.

Cutteridge O. P. D. (Anglia) — Calculul aproximativ al răspunsului tranzitoriu folosind unele grupuri speciale de polinoame.

Gorecki H. şi *Turowicz A.* (R. P. Polonă) — Problema regimului tranzitoriu optim în sistemele automate liniare.

Besekerski F. A. şi *Fedorov S. M.* (URSS) — Utilizarea funcţiilor de transfer echivalente în calculul sistemelor automate combinate prin metoda caracteristicilor logaritmice de frecvenţă.

Axelbay G. S. (SUA) — Metode practice pentru determinarea performanţei a buclei de reglare cu reacţie.

Jarominek W. C. (R. P. Polonă) — Cercetarea sistemelor automate liniare prin indicii marginii de stabilitate, după metoda determinanţilor.

Meierov M. V. (URSS) — Unele particularităţi ale structurii sistemelor de comandă în cascadă.

Tu Xu Yen (R. P. Chineză) — Teoria unui sistem de reglare cu acţiune armonică şi un mare număr de variabile comandate.

Mesarovici M. D. (R.P.F. Iugoslavia) — Comanda sistemelor cu mai multe variabile.

Kulebakin U. S. (URSS) — Teoria invarianţei a sistemelor de comandă şi reglare.

Petrov B. N. (URSS) — Principiul invarianţei şi condiţiile aplicării lui în calculul sistemelor liniare şi neliniare.

Jeffrey C. (Anglia) — Stabilitatea sistemelor de comandă cu interacţiune.

Chatterjee H. K. (Anglia) — Comanda proceselor cu mai multe variabile.

Mitchell D. S., Webb C. R. (Anglia) — Studiu asupra interacţiunii în sistemele de comandă cu mai multe bucle.

Piven K. D. (URSS) — Problemele autonomiei în tehnica reglării automate.

1.2. Teoria sistemelor neliniare continue

Ku Y. H. (SUA) — Teoria reglării neliniare.

Popov E. P. (URSS) — Anumite probleme de sinteză a sistemelor automate neliniare.

Popov V. M. (RPR) — Criteriu de calitate a sistemelor de reglare neliniare.

Shen C. N. (SUA) — Sinteza unui servomecanism compensator cu jocuri, prin includerea unei reacţii de viteză saturabile neliniare.

Syrbe M. (RFG) — Influenţa saturaţiei asupra dinamicii reglării proceselor, în prezenţa unor perturbaţii de mare amplitudine şi viteză mare de modificare.

Kochenburger R. (SUA) — Efectul reglajului sursei de putere asupra răspunsului unui amplificator dintr-un sistem de reglare.

Takahashi Y., Ziegler J. G. şi *Nichols N. A.* (SUA) — Comanda proceselor cu limită de viteză.
Gille J. C. şi *Decaulne P.* (Franţa) — Note privind oscilaţiile forţate ale servosistemelor neliniare.
Macura A. C. (R. P. Polonă) — Analiza statică a sistemelor neliniare cu elemente cu două intrări.
Clauser F. H. (SUA) — O teorie a sistemelor aproape liniare.
Oldenbuger R. şi *Nakada T.* (SUA) — Stabilizarea semnalului în sistemele autooscilante.
West J. C. (Anglia) — Sisteme de reglare cu modulaţie a cîştigului.
Ferner V. I. (RDG) — Neliniarităţi în sistemele de reglare.
Hochrainer H. (Austria) — Stabilizarea sistemelor în circuit închis, dependente de sens.

1.3. Teoria sistemelor discrete

Jury E. I. (SUA) — Progrese recente în domeniul sistemelor de reglare testate (în impulsionări) şi digitale.
Brown M. M. (Anglia) — Aplicarea metodelor operaţionale la sistemele cu testare şi interpolare.
Cruickshank A. J. O. (Anglia) — Metode de analiză prin serii de timp şi transformarea în Z pentru sistemele de reglare liniare şi neliniare.
Ţipkin Ia. Z. (URSS) — Analiza sistemelor testate (în impulsuri) neliniare prin metoda planului fazelor incremental.
Kondo B., Iawai S. şi *Soga M.* (Japonia) — Timp de stabilire finit în sistemele de reglare testate (în impulsuri) cu saturaţie.
Franklin J. N. şi *Mullin F. J.* (SUA) — Reacţia mărginită, asimptotic negativă într-un sistem testat, cu un integrator.
Andeen R. E. (SUA) — Analiza sistemelor testate cu elemente neliniare.
Izawa K. (Japonia) — Sisteme automate discontinue cu acţiune de testare.
Nishida F. (Japonia) — Sinteza sistemelor de reglare cu mai multe variabile, cu ajutorul unor compensări testate (în impulsuri).
Kranc G. M. (SUA) — Un dispozitiv de automatizare optim multiplu pentru un sistem automat în impulsuri.
Tou J. T. (SUA) — Sistem de comandă cu date discrete şi viteze variabile multiple.
Amara R. C. (SUA) — Sisteme de comandă cu mai multe variabile, hibride.
Kilin F. M. (URSS) — Unele probleme în teoria sistemelor în impulsuri şi cu porţi de timp.
Friedland B. (SUA) — Sisteme de comandă testate conţinînd elemente variabile periodic.
Hopkin A. M. şi *Waung P. R. C.* (SUA) — Noi studii asupra sistemelor automate de tip releu proiectate pentru mărimi de intrare aleatorii.
Flügge-Lotz I. (SUA) — Sinteza sistemelor de comandă cu contactor, de ordinul trei.
Yamaguchi J., Nishimura M., Fujii K. şi *Maruhashi T.* (Japonia) — Asupra oscilaţiilor subarmonice a servomecanismului tip releu.
Sakawa Y. (Japonia) — Oscilaţii subarmonice în sistemele de comandă tip releu.
Nakamura K. (Japonia) — Un studiu asupra sistemelor de reglare testate cu răspuns rapid.
Widrow N. (SUA) — Sisteme testate adaptive.
Bergen, A. R. (SUA) — Asupra proiectării statistice a sistemelor liniare testate aleatorii.
Bestram J. E. şi *Sarachik* (SUA) — Asupra reglării optimale cu calculator.
Prasad T. (India) — Analiza şi optimalizarea unei clase de sisteme în treaptă neliniare pentru procese aleatorii.
Perov V. P. (URSS) — Sinteza statistică a sistemelor în impulsuri.

1.4. Probleme stohastice

Meriam III C. W. (SUA) — Consideraţii de calcul pentru o clasă de sisteme de reglare optime.
Pugacev U. S. (URSS) — Metodă de determinare a sistemului optim cu o dependenţă neliniară de funcţia observată a parametrilor semnalului.
Andriev N. I. (URSS) — O metodă de determinare a sistemului dinamic optim din criteriul extremum-ului unei funcţii care este o funcţie dată de alte mai multe funcţii.
Chang S.S.L. (SUA) — Criterii de transmisie a informaţiei pentru sisteme de reglare cu reacţie.
Kazakov I. I. (URSS) — Problema teoriei liniarizării statistice şi aplicaţiile sale.
Barrett J. F. (Anglia) — Aplicarea ecuaţiilor lui Kolmogorov la sistemele de reglare automată supuse la semnale cu distribuţie întîmplătoare.
Nekolny I. şi *Beneş J.* (R. S. Cehoslovacă) — Controlul simultan al stabilităţii şi al ajustării calităţii — aplicaţie la dinamica statistică.
Peterson E. L. (SUA) — Optimalizarea sistemelor liniare variabile în timp şi cu mai multe ieşiri, supuse la mărimi de intrare nestaţionare multiple sau redundente.
Coales J. F. şi *Lawrence P. J.* (Anglia) — Pregătirea diagramelor şi tabelelor pentru optimalizarea sistemelor de comandă automate cu intrări aleatorii.
Lubbock J. K. (Anglia) — Optimalizarea unei clase de sisteme neliniare.
Blachman N. M. (SUA) — Asupra efectului zgomotului într-un sistem de comandă neliniar.
Sawaragi Y., Sugai N. şi *Sunahara Y.* (Japonia) — Un studiu statistic al analizei şi sintezei sistemelor de comandă automată neliniare supuse la intrări aleatorii.
Westcott J. H. (Anglia) — Problema estimării parametrilor.
Balchen J. G. şi *Blandhol E.* (Norvegia) — Asupra determinării experimentale a proprietăţilor statistice ale semnalelor şi ale perturbaţiilor în sistemele de comandă automată.
Adam A. C. (Austria) — Criterii de servo-comandă în cazul unor atribute corelative ale sistemelor de reglare.
Pelegrin M. J. (Franţa) — Note asupra elementelor analoge şi digitale de cuplare.
Ruina J. P. şi *van Valkenburg* (SUA) — Analiza stohastică a sistemelor de urmărire automate.
Cuenod M. şi *Pun L.* (Elveţia) — Cercetarea erorilor unui sistem de reglare automată supus la perturbaţii aleatorii.

1.5. Teoria sistemelor optimale

Boltianski V. G., Gamkrelidze R. V., Mişcenko E. E. şi *Pontriaghin L. S.* (URSS) — Principiul maximum-ului în teoria proceselor de reglare optimale.
Bellman R. şi *Kolaba R.* (SUA) — Programarea dinamică şi comanda cu reacţie.
Krasovski N. N. (URSS) — Alegerea parametrilor sistemelor stabile optime.
Kulikovski R. (R. P. Polonă) — Procese de optimalizare şi sinteza sistemelor de reglare automată optimale cu elemente invariabile neliniare.
Rozonoes L. I. (URSS) — Calitatea analizei sistemelor de reglare automată.
Kalman R. E. (SUA) — Asupra teoriei generale a sistemelor de reglare.
Lasalle J. P. (SUA) — Principiul „Bang-Bang".
Jackson R. (Anglia) — Proiectarea sistemelor de reglare cu perturbaţii care satisfac anumite condiţii de limită, cu aplicaţii la sisteme simple de reglare a nivelului.
Fuller A. T. (Anglia) — Sisteme de reglare cu relee optimalizate pentru diferite criterii de performanţă.
Mitsumaki T. (Japonia) — Reglare neliniară optimă modificată.
Ostrovski G. M. (URSS) — Sisteme de reglare automate cu variaţii în treaptă ale parametrilor.
Rosenbloom A. (SUA) — Sisteme cu valoare finală cu constrîngeri de efort total.

1.6. Teoria sistemelor autoadaptive

Feldbaum A. A. (URSS) — Probleme ale teoriei statistice a sistemelor cu optimalizare automată.
Margolis M. şi *Leondes C. T.* (SUA) — Asupra teoriei sistemelor de reglare adaptive; aspectul modelului care învaţă.
Straszak A. (R. P. Polonă) — Unele chestiuni privind teoria şi sinteza sistemelor de reglare automate cu autooptimalizare.

Ivahnenko A. G. (URSS) — Aplicarea teoriei sistemelor combinate la sistemele cibernetice adaptive.

Ioa Tzu Li şi *Vander Velde W. E* (SUA) — Filozofia sistemelor adaptive neliniare.

Gibson J. E. (SUA) — Sisteme de reglare adaptive sau cu autooptimalizare.

Braun L. junior, *Mishkin E.* şi *Truxal J.* (SUA) — Identificarea aproximativă a dinamicii proceselor în sistemele adaptive comandate prin calculatori.

Kazakevici V. V. (URSS) — Procesul comenzii de optimalizare a obiectelor cu inerţie, în prezenţa perturbaţiilor.

Kitamori T. (Japonia) — Aplicaţiile funcţiilor ortogonale la determinarea caracteristicilor dinamicii proceselor şi la construirea sistemelor de reglare autooptimalizabile.

Kabrinskii A. E., Balkovitin S. V., Vaskoboinikova L. M., Ioffe D. M., Polian E. P., Popov B. P., Slavutskii Ia. L., Sisin A. Ia. şi *Yakoson Ia. S.* (URSS) — Problemele comenzii bioelectrice.

Tomovic R. (R.P.F. Iugoslavia) — Mîna omenească privită ca un sistem de reacţie.

Sheridan T. B. (SUA) — Analiza experimentală a variaţiei în timp a funcţiei de transfer a unui operator uman.

Andrew A. M. (Anglia) — Mecanisme de comandă autooptimalizabile şi unele principii pentru maşini mai avansate care învaţă.

Schuck O. H. (SUA) — Reglarea adaptivă a sborului.

Chichinadze V. R. (URSS) — Probleme logice de proiectare a sistemelor de reglare auto-optimalizabile şi optimalizabile după autoinstruire, bazate pe căutare la întîmplare.

Kuklenko A. I. (URSS) — Dinamica dispozitivelor care imită organismele vii.

Clynes M. (SUA) — Reglarea vitezei unei inimi respiratorii. Unele procedee de reglare neliniare necunoscute inginerilor automatişti, utilizate într-un sistem de comandă biologic.

Jones R. W. (SUA) — Unele proprietăţi ale regulatorilor fiziologici.

Krasovski A. A. (URSS) — Dinamica sistemelor de comandă automate continui cu auto-ajustare extremală pe dispozitivele de corecţie.

Taylor W. K. (Anglia) — Un sistem de comandă experimental cu optimalizare automată continuă.

1.7. Teoria structurilor şi metode de tratare a semnalelor

Roginski V. N. (URSS) — Dezvoltarea teoriei circuitelor cu relee în URSS.

Moisil G. C. (RPR) — Asupra sintezei circuitelor de comutare cu relee şi contacte sau cu dispozitive electronice şi semiconductoare.

Gavrilov M. A. (URSS) — Redundanţa structurală şi siguranţa de funcţionare a circuitelor cu relee.

Zemanek H. (Austria) — Logica şi teoria informaţiei în reţelele cu secvenţe.

Lazarev V. G. şi *Parkhomenko P. P.* (URSS) — Folosirea în procesele de analiză şi sinteză a structurilor cu dispozitive releu.

Venkovskii L. B., Kaşirin V. A., Chugin Iu. I. şi *Sastova G. A.* (URSS) — Posibilitatea de suprimare a zgomotului în telemăsurare.

Duma M. (RPR) — Economie ameliorată a transmisiei informaţiei în telemăsura industrială.

1.8. Probleme speciale de matematică

Nemickii V. V. (URSS) — Asupra problemei regimurilor staţionare în sistemele de comandă automată.

Neimark Iu. I. (URSS) — Asupra dependenţei sistemului de comandă automată de parametrii cu mişcare periodică.

Cosgriff R. L. (SUA) — Aplicarea ecuaţiilor diferenţiale liniare cu coeficienţi periodici la studiul fenomenelor neliniare.

Hayaşi C. (Japonia) — Oscilaţii cvasiperiodice în sistemele de comandă neliniare.

Bass R. W. (SUA) — Legitimitatea matematică a liniarizării echivalente prin funcţii de descriere.

Skowronski J. şi *Ziemba S.* (R. P. Polonă) — Limitarea mişcării şi existenţei şi stabilitatea regimului limită în sistemele vibratorii cu parametri concentraţi, neautonome, foarte neliniare.

Aizerman M. A. şi *Gantmaher F. R.* (URSS) — Unele aspecte ale teoriei sistemelor de comandă automată neliniare cu caracteristici discontinue.

André J. şi *Seibert I.* (SUA) — Mişcări întîrziate cu punct final ale sistemelor de comandă discontinue generale şi proprietăţile lor de stabilitate.

Filipov A. F. (URSS) — Aplicarea teoriei ecuaţiilor diferenţiale cu membrul al doilea discontinuu la problemele neliniare ale comenzii automate.

Lurie A. I. şi *Rozenwasser E. N.* (URSS) — Asupra metodelor de construire a funcţiilor lui Liapunov în teoria sistemelor de comandă neliniare.

Lehnigk S. H. (SUA) — Asupra metodei a doua a lui Liapunov cu forme cuadratice dependente de un parametru, în cazul ecuaţiilor neliniare autonome care au o parte liniară.

Bedelbaiev A. K. (URSS) — Asupra teoriei stabilităţii sistemelor de comandă.

Barbaşin E. A. (URSS) — Construirea funcţiilor lui Liapunov pentru funcţii neliniare.

1.9. Simularea şi metodele experimentale

Voronov A. G., Vermilov B. L. şi *Sokolov G. N.* (URSS) — Unele chestiuni asupra sintezei şi analizei analogilor digitali pentru comanda automată.

Rechberger H. şi *Sequenz H.* (Austria) — Simularea unui reactor nuclear printr-un model digital.

Leonhard A. (RFG) — Optimalizarea unor circuite de comandă neliniare folosind un calculator analog.

Eckman D. P. şi *Lefkowitz I.* (SUA) — Principiile tehnicii modelelor în optimalizarea reglării automate.

Schneider G. (RFG) — Asupra dezvoltării unităţilor de ecuaţii diferenţiale liniare.

Findeisen W. şi *Mardal W.* (R. P. Polonă) — Cercetarea unui servomecanism de viteză digital cu un calculator analog obişnuit.

Stout T. N. (SUA) — Modele matematice pentru sisteme de comandă cu calculatori.

Lees S., Blaschke T. C., Brown B. B. şi *Ostertag Jr. C. J.* (SUA) — Verificarea experimentală a unei baze de proiectare pentru servomecanismele de poziţie.

Playnter H. M. (SUA) — Reprezentări cu ajutorul unui calculator a sistemelor de curent alternativ polifazate pentru analiză şi reglare dinamică.

Perret R. (Franţa) — Sinteza funcţiilor transcendente.

Knei Chuang, Hazda L. F. şi *Vindeknecht T.* (SUA) — O metodă stohastică de rezolvare a ecuaţiilor diferenţiale cu derivate parţiale folosind un calculator analogic electronic.

SECŢIA II. ELEMENTE COMPONENTE

2.1. Elemente electrice şi magnetice ale sistemelor de comandă

Storm H. F. şi *Flairty C. W.* (SUA) — Constanta de timp a unui amplificator magnetic trifazat.

Nagy I. (RPU) — Analiza unui amplificator magnetic cu răspuns rapid.

Jauquet C. (Belgia) — Elemente logice „LOGAGEC" şi utilizarea lor ca întîrzieri statice în circuitele cu secvenţe.

Schiaffino P. (Italia) — Performanţa materialelor feromagnetice cu ciclu histerezis de tip rectangular.

Rozenblat M. A. (URSS) — Proprietăţile dinamice ale miezurilor cu ciclu histerezis dreptunghiular şi influenţa lor asupra amplificatorilor magnetici.

Oshima Y. şi *Egawa I.* (Japonia) — Motor de mare viteză cu mişcare în trepte.

Karandeiev K. B. şi *Stamberger G. A.* (URSS) — O punte cvasiechilibrată ca element într-un sistem de comandă automată.

Netrebenko K. A. (URSS) — Principii de construcţie a compensatorilor automaţi digitali cu codificare binară.

Kalomietis B. T. (URSS) — Noi tipuri de fotorezistenţe şi domeniile lor de aplicaţie.

2.2. Calculul electric şi dispozitivele analogice, elemente de programare şi maşini de comandă

Solodovnikov V. V., Batkov A. M., Babarin V. M., Valdenberg Ia. S., Malveiev P. S. şi *Pokovski A. N.* (URSS) — Analiza şi sinteza sistemelor de reglare automate cu ajutorul calculatorilor.

Schächter S. şi *Munteanu F.* (RPR) — Unele consideraţii asupra reglării automate a nivelului de zero al amplificatorului operaţional.

Doodman T. P. (SUA) — Teoria şi aplicaţiile unui sintetizator cu linie de întîrziere electronică conică.

Chin Lau (R. P. Chineză) — Blocuri de calcul neliniare făcute din rezistoare semiconductoare neliniare.

Morgan M. L. (SUA) — Un nou calculator pentru funcţii algebrice de o variabilă complexă.

Ginsburg S. A. (URSS) — Metodă logică de sintetizare a generatorilor de funcţii.

Karplus W. J. (SUA) — Calculatorul spaţiu discret— timp discret : un simulator de cîmp tranzitoriu cu aplicaţie generală.

Stakhovski R. I., Fitsner L. N şi *Subin A. B.* (URSS) — Optimalizatori automaţi şi folosirea lor pentru rezolvarea problemelor variaţionale şi pentru sinteză automată.

Fiet J., Gradowski J., Lukaszewicz L., Majerski S., Pietrzykowski T. şi *Sawicki Z.* (R. P. Polonă) — Calculatorul digital electronic ,,SKRZAT 1" pentru comanda automată a proceselor tehnologice.

Terov M., Ohaka T. şi *Murayama K.* (Japonia) — Un sistem de comandă a unui proces compensat printr-un calculator, avînd un selector de telemăsură cu codificare ternară.

2.3. Transductori, elemente şi sisteme de comandă automată şi la distanţă a proceselor

Wang Chuan-Shan, Sa Chi-Tien şi *Wu Chih-Hsien* (R. P. Chineză) — Un sistem complex de telemăsură fără contacte.

Ilin V. A. (URSS) — Metode de transmitere a comunicaţiilor şi structura sistemelor telemecanice pentru uzine descentralizate.

Bilik R. V., Zhozhikaşvili V. A. şi *Pranqişvili I. V.* (URSS) — Sisteme telemecanice (electronice) fără contacte cu multiplex de divizare în timp.

Gaukin M. Z. (URSS) — Automatizarea sistemelor de irigaţie.

Francis H. E. (Anglia) — Controlul automat al apelurilor telefonice la mare distanţă efectuate de abonaţi.

Malov V. S., Pşenihnikov A. M. şi *Kupersmidt Ia. A.* (URSS) — Sisteme de telemetrie industriale şi metodele digitale (numerice).

2.4. Dispozitive automate şi de calcul pneumatice

Berends T. K. şi *Tal A. A.* (URSS) — Circuite cu relee pneumatice.

Lanin N. D. (URSS) — Maşini de calcul pneumatice ca mijloc de asigurare a siguranţei de funcţionare a sistemelor automate.

Zalmanzon L. A. (URSS) — Bazele teoriei şi calculului elementelor pneumatice de automatizare.

Stone A. K. (SUA) — O analiză a efectelor liniilor lungi dintre supapele de reglare şi elementul de execuţie în sistemele de comandă alimentate cu fluide.

Sawamura T., Hanafusa H. şi *Iuni T.* (Japonia) — Analiza unui servomecanism electrohidraulic.

Csordas Z. (RPU) — Posibilităţile de aplicaţie a analogiilor pneumatice.

Reid Jr. K. N. (SUA) — Parametri de calcul optimi la un ventil pneumatic cu jet.

Lee S. Y. (SUA) — Un servoventil cu reacţie de debit şi performanţa dinamică a unui sistem cuprinzînd un ventil şi o sarcină cu inerţie.

Norwood R. E. (SUA) — Un studiu al supapei pneumatice cu membrană.

Korobochin B. L. (URSS) — Cercetarea dinamicii acţionării hidraulice la maşina unealtă de copiat.

Draper C. S., Finston M., Denhard W. G. şi *Goldenberg S.* (SUA) — Suport dinamic pentru componentele instrumentelor prin lichide vîscoase.

2.5. Sisteme şi dispozitive de comandă automată

Patient D. A. (Anglia) — Metode pentru automatizarea luării de mostre şi a analizei chimice.

Nomoto A., Koike T., Yamaguchi T. şi *Kawamoto H.* (Japonia) — Automatizarea încercărilor dinamice.

Pottier J. (Franţa) — Aparat de măsurat transferul pentru reactori nucleari.

Agekin D. I. (URSS) — Analizatori de gaze cu compensare termomagnetică.

Agerberg J. (Suedia) — Masă de zbor cu o singură axă.

Roberson R. E. (SUA) — Detectarea giroscopică a mişcării unui satelit.

Reswick J. B. (SUA) — Un regulator cu timp mort.

Lloyd E. C. şi *Johnson D. P.* (SUA) — Etalonarea statică şi dinamică a instrumentelor de măsurat presiunea, la National Bureau of Standards.

Puccioni G. (Italia) — Reglare automată prin teleimprimator.

Tustin A. (Anglia) — Creşterea temperaturii în elementele componente ale sistemelor de comandă.

Tyler S. R., Ruygles R. şi *Welbourn D. B.* (Anglia) — Metode teoretice şi practice aplicate la proiectarea unui regulator de viteză pentru o turbină de gaze.

Vidal J. (*Belgia*) — Sistem de tratare automată a datelor pentru camerele de încercări termice.

Leslie W. H. P. (Anglia) — Dinamometru de antrenare şi absorbţie de precizie.

Şumilovski N. N. şi alţii (URSS) — Comanda automată a compoziţiei unui amestec cu mai multe componente.

Taksar I. M. şi *Ianuşovskii V. H.* (URSS) — Echipament de control al procesului folosind radiaţii nucleare.

Snagovski E. S. şi *Segalin V. G.* (URSS) — Radioactivitatea în controlul automat al maşinilor miniere de extracţie şi tăiere.

Landy J. J. şi *Fiedler G. J.* (SUA) — Analiza sistemelor de comandă automată în vederea utilizării dinamicii fluidelor cu mai multe circuite şi parametri distribuiţi proeminenţi.

Leskiewicz A. J. (R. P. Polonă)— Alegerea vibraţiilor optime pentru a elimina efectul histerezis datorit frecării Coulomb.

SECŢIA III. APLICAŢII

3.1. Automatizarea în construcţia de maşini

Belikov I. N. (URSS) — Un dispozitiv de interpolare neliniar cu mai multe coordonate pentru comanda după program a maşinilor unelte.

Bungen R. şi *Vroman J.* (Belgia) — Strung automat comandat cu bandă perforată.

Svobota F. şi *Martinek M.* (R. S. Cehoslovacă) — Calculator digital pentru generarea datelor pentru comanda automată a maşinilor unelte.

Bihovski M. M. (URSS) — Ultrastabilitatea în calculatorii electronici cînd se rezolvă ecuaţii neliniare sub formă implicită.

Başta T. M. (URSS) — Probleme ale utilizării fluidelor sub presiune mare în sistemele de reglare automată.

Hysing T. (Norvegia) — Asupra utilizării metodelor numerice în proiectarea şi construcţia vaselor.

Hemingway A. V. şi *Dressler D. L.* (Anglia) — O maşină automată pentru fabricarea roţilor de biciclete.

Zusman V. G. (URSS) — Comanda digitală cu program a strungurilor de prelucrat metale.

Sudo T., Oya U., Seki S. şi *Goto T.* (Japonia) — Calculator numeric tranzistorizat pentru maşini unelte.

Nishidar S., Doi Y., şi *Togino K.* (Japonia)— Comanda numerică a maşinii de găurit după şablon ,,Jidic".

3.2. Automatizarea sistemelor energetice

Quack R. şi *Schneider A.* (RFG) — Măsurarea comportării la reglare a generatorilor de abur.

Frensch J. (RFG) — Comportarea dinamică a supraîncăzitorilor de abur.

Krüssmann A. (RFG) — Cercetări experimentale asupra comportării la reglare a căldărilor şi cerinţele care rezultă în ce priveşte construcţia lor.

Ergin E. I. şi *Ling C.* (SUA) — Realizarea unui regulator fără interacţiune pentru căldări de abur.

Morris H. J. (SUA) — Răspunsul dinamic al schimbătorilor de căldură la perturbaţii de temperatură.

Dudnikov E. G. (URSS) — Determinarea reglajului optim al sistemelor de comandă automate industriale din date experimentale.

Ruscinski V. M. (URSS) — Dinamica reglării automate a unei unităţi căldare-turbină.

Davidov N. I. (URSS) — Dezvoltarea sistemelor de reglare automată a căldărilor.

Putsillo V. P., Petrov V. V., Kornilov R. V. şi *Volodin E. E.* (URSS) — Principiile de construcţie ale unei clase de sisteme de reglare extremale pentru circuite automatizate în procesele de producţie.

Dandurand M. (Franţa) — Reglarea automată a reactorilor nucleari de cercetare.

Filipczak N., Filipczak V. şi *Zelinski T.* (R. P. Polonă) — O metodă de simulare matematică a proceselor fizice, fără a limita intervalul de variaţie a parametrului. Aplicaţie la problemele de reglare automată a reactorilor nucleari.

Weill J. şi *Friedling G.* (Franţa) — Reglarea automată în reactorii nucleari. Sistem autooptimalizabil.

Kaczmarek H. (RFG) — Comparaţie critică a reactorilor nucleari cu diferite tipuri de regulatoare.

Picard E. (Franţa) — Automatizare numerică în centrale nucleare.

Tcherma K I., Gamush V. şi *Stefan I.* (R. S. Cehoslovacă) — Analiza şi sinteza proceselor nestaţionare în centralele generatoare de căldură.

Venikov V. A. (URSS) — Relaţii între experienţă şi simulare analogă, modele matematice şi metodele de calcul în proiectarea sistemelor electroenergetice.

Gerstenberg G. R., Kaştelian V. E., Kostenko M. P. şi *Sirii N. S.* (URSS) — Comanda prin excitaţie puternică şi problemele noi de stabilitate în sistemele electroenergetice.

Kirckmayer L. K. (SUA) — Reglarea optimală prin calculator în industria utilizării electrice.

Cohn N. (SUA) — Realizări în reglarea generării şi transmisiei energiei în sistemele energetice interconectate în SUA.

Casson W., Moran F. şi *Taylor H.F.R.* (Anglia) — Realizări şi posibilităţi viitoare de reglare automată în sistemul energetic britanic.

Uzsoki M. şi *Vamas I.* (RPU) — Unele chestiuni privind reglarea sistemelor energetice.

Evangelisti G. (Italia) — Asupra problemei reglării frecvenţei în centralele hidroelectrice.

Kozuchowski Y. (R. P. Polonă) — Efectul asupra reglării automate de frecvenţă al oscilaţiilor libere de putere activă în sistemele energetice.

3.3. Automatizări în industria chimică şi în rafinării

Orcutt J. C. şi *Lamb D. E.* (SUA) — Stabilitatea unui sistem reactor catalitic cu pat fix şi schimbare de căldură.

Auricoste J. G. (Franţa) —Aplicaţiile calculatorilor numerici la reglarea proceselor.

Caglske N. H. (SUA) — Dinamica şi reglarea unei coloane de absorbţie.

Haveroaen S. (Norvegia) — Cercetarea comportării dinamice a presiunii în sistemele care mînuiesc gaze, cu referire specială la procesele politropice.

Ordînţev V. M. (URSS) — Unele principii de proiectare a unui sistem pentru automatizarea globală a uzinelor chimice de mari proporţii şi de optimalizare a acestui sistem.

Gerardin L. (Franţa) — Automatizarea unui ansamblu industrial de separare printr-un proces de contracurent.

3.4. Acţionări electrice automate şi maşini electrice

Lang Shih-Chun, Koo Shen Yuan şi *Tien Chze Fen* (R. P. Chineză) — O metodă nouă pentru grăbirea procesului tranzitoriu al sistemelor de acţionare electrică automată.

Togino K. (Japonia) — Răspunsul dinamic al unui servomotor derivaţie de curent continuu alimentat de un amplificator cu tiratroni.

Grasl H. (Austria) — Procese de reglare a maşinilor electromagnetice şi a amplificatorilor în diagrama de excitaţie dinamică.

Druzhimin N. N. (URSS) —Ecuaţii pentru reglarea şi interconectarea acţionărilor electrice cu mai multe motoare şi tehnologia în laminoarele continue.

Celiustkin A. B. (URSS) — Aplicarea calculatorilor la sistemele de reglare automată în uzinele de laminoare.

Brozgal M. M. (URSS) —Automatizarea acţionărilor electrice la o nouă oţelărie.

Berşadski V. L., Kalasnikov V. K., Kriazhevski V. V., Mazia L. V. şi *Popov G. A.* (URSS) — Acţionarea prin sistem de propulsie electric automat al spărgătorului de ghiaţă „Lenin" cu energie nucleară.

Benedict O. (*RPU*) — Autodina : un nou amplificator electro-mecanic.

Caski F., Fekete I. şi *Barka J.* (RPU) — Încercări experimentale pe o autodină de 20 kW ca regulator de tensiune.

Mynall D. J. (Anglia) — Reglarea de poziţie Helixyn.

Strakov S. V. şi *Effendeizade A. A.* (URSS) — Sisteme de acţionări în curent alternativ cu sursă de alimentare proprie.

Quazza G. (Italia) — Reglarea turaţiei motoarelor de inducţie folosind reactori saturabili.

Stahl K. (RFG) — Reglarea cu limitare a acţionărilor electrice.

Buşarin A. V. (URSS) — O metodă grafică de sintetizare a unui sistem de reglare automată neliniar.

Hannokam L. (RFG) — Scheme bloc şi răspunsul la frecvenţă al maşinilor de curent alternativ.

3.5. Automatizarea proceselor metalurgice

Grabbe E. M. (SUA) — Sisteme de reglare cu calculatori digitali : o bibliografie adnotată.

Feigin V. I. (URSS) — Automatizarea unui laminor reversibil pentru laminarea la rece a metalelor neferoase.

Miller E. W. (SUA) — Aplicarea sistemelor de reglare automată în industria americană de fontă şi oţel.

Nicolaiev N. S. şi *Epstein V. L.* (URSS) — Sistem de calculator digital pentru bare laminate continuu.

Bramley L. N., Carlisle S. S. şi *Sims R. B.* (Anglia) — Unele măsuri spre automatizarea în industria oţelului.

Fonassin M. (Belgia) — Sisteme automate pentru laminare de blooming cu programe diversificate.

Schneider K. (RFG) — Simularea comportării dinamice a unui puţ absorbant prin calculator analogic.

Litterschneidt W. (RFG) — Automatizarea cuptoarelor industriale cu combustibilele gazoase.

Burdovoi I. A. (URSS) — Reglarea automată a proceselor într-un pat fluidizat în industria metalurgică neferoasă.

Laws C. A. (Anglia) — Realizarea mînuirii automate a datelor în instrumentaţie şi reglare.

Iefroimovici L. E. (URSS) — Automatizare complexă a procesului tehnologic de topire a oţelului în cuptoare cu arc.

Korobko M. L., Mikciukov B. G. şi *Samilov K. A.* (URSS) — — Sistem de comandă automată şi reglare a distribuţiei tirajului în conductele unui cuptor cu tiraj forţat.

Zühlsdorf W. (RDG) — Automatizarea dispozitivelor de încărcare a cuptoarelor cu ax ale industriei metalurgice din RDG.

Ma Jwu-Wu, Ju Chu-Cahng şi *Hwang Tsyh-Ju* (R. P. Chineză) — Utilizarea regulatoarelor cu reacţie termică în uzinele metalurgice.

3.6. Probleme neclasificate

Gamble E. H. (SUA) — Diferite aplicaţii practice ale unor sisteme adaptive simple pentru ameliorarea performanţei.

Campbell J., Macdonald W. şi *Withers R.* (Anglia) — Aplicarea reglării automate în British Sugar Corporation Ltd.

Schink H. (RFG) — Supraveghere şi reglare în industria cimentului .

Costa H. (RDG) — Automatizarea unei instalaţii rotative de ciment cu ajutorul unui calculator analogic simplu.

Damsker D., Costache N., Fleischer R. şi *Veinrich G.* (RPR) — Automatizarea tracţiunii Diesel electrice în RPR pe trenurile Diesel 23 August.

Finţescu D. şi *Zăroni R.* (RPR) — Echipament de automatizare cu amplificatori magnetici pentru o locomotivă Diesel cu transmisie electrică S 501.

Bell J. (Anglia) — Reglare pentru stabilizarea vaselor.

Oki K. (Japonia) — Stabilitate longitudinală a avionului comandat de pilot automat.

Lerner A. I. (URSS) — Utilizarea sistemelor de reglare automată auto-ajustabile.

Milsum J. M. (Canada) — Reglarea adaptivă a proceselor printr-un criteriu economic.

Phister Jr. M. C. (SUA) — O comparaţie a modurilor predictive şi exploratoare ale reglării cu calculatori pentru procesele industriale.

D'Addio E. (Italia) — Sistemele de reglare automată cu concept formal şi de intuiţie.

Segre G. (Italia) — Reglarea automată a sistemului de tensiune înaltă a Grupului Edison (Italia).

CRONICĂ

Academicianul A. F. Ioffe

La 14 octombrie 1960 a murit subit bineeunoscutul fizician sovietic, academicianul A. F. Ioffe. Prin moartea acestuia Uniunea Sovietică a pierdut un savant eminent care a îmbogăţit ştiinţa cu opere de o excepţională importanţă şi care a jucat un rol hotărîtor în organizarea în U.R.S.S. a cercetărilor fizice, a reţelei de instituţii de cercetări ştiinţifice, în ridicarea unei pleiade întregi de fizicieni sovietici excepţionali.

A. F. Ioffe s-a născut în anul 1880 în Ucraina, în oraşul Kromnii. După terminarea Institutului tehnologic din Petersburg în anul 1902, A. F. Ioffe şi-a început activitatea ştiinţifică în laboratorul celebrului fizician german Röntgen.

Înapoindu-se în anul 1906 în Rusia, el a început să lucreze la Institutul politehnic din Petersburg, la început în calitate de laborant, iar din anul 1913 — ca profesor de fizică.

Încă în perioada de instaurare a Puterii Sovietice, A. F. Ioffe s-a situat cu hotărîre de partea revoluţiei şi a prevăzut noile perspective ale dezvoltării ştiinţei în noua Rusie.

Din iniţiativa lui, încă în cursul lunii octombrie 1918 a fost organizată secţia fizico-tehnică a Institutului Röntgen, reorganizată curînd în Institutul de fizică-tehnică din Leningrad.

Acordînd o importanţă deosebită pregătirii cadrelor de fizicieni de tip nou, capabili să dezvolte nu numai ştiinţa dar şi noile ramuri ale tehnicii, în anul 1919 A. F. Ioffe a condus Facultatea de fizică mecanică în cadrul Institutului politehnic din Leningrad, creată din iniţiativa sa. În anii următori, Institutul de fizică tehnică şi Facultatea de fizică mecanică au constituit o bază pentru crearea unei reţele ramificate de institute fizice şi o sursă de cadre de oameni de ştiinţă.

Una dintre caracteristicile specifice ale lui A. F. Ioffe era însuşirea de a prevedea viitorul îndepărtat al ştiinţei şi tehnicii. Numeroase domenii ştiinţifice în fizică au fost abordate de el cu mult înainte de momentul în care importanţa lor a devenit recunoscută de cercurile largi ale oamenilor de ştiinţă. În această privinţă este suficient să menţionăm astfel de domenii ale ştiinţei cum sînt fizica rezistenţei, fizica dielectricilor, aplicarea fizicii în agricultură. A. F. Ioffe a fost primul care a înţeles posibilitatea realizării tehnice a radiolocaţiei şi a desfăşurat cu succes o serie de lucrări în acest sens în anii antebelici în cadrul Institutului de fizică tehnică.

Un merit deosebit al lui A. F. Ioffe constă în aportul considerabil în domeniul creării fizicii şi tehnicii semiconductoarelor. El a fost unul dintre primii care a indicat orientarea principală a aplicării semiconductoarelor în tehnică. În cursul ultimului deceniu, A. F. Ioffe a expus o serie de idei cardinale cu privire la utilizarea semiconductoarelor în energetică. A. F. Ioffe este autorul unui număr de peste 150 lucrări ştiinţifice originale şi al unui mare număr de monografii şi manuale traduse în multe limbi şi care au intrat în fondul de aur al ştiinţei.

Meritele ştiinţifice ale lui A. F. Ioffe au fost recunoscute pe plan mondial prin alegerea lui ca membru al academiilor şi asociaţiilor ştiinţifice din numeroase ţări. În anul 1920, A. F. Ioffe a fost ales membru al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S. În calitate de vicepreşedinte al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S. şi membru al prezidiului, el a exercitat o influenţă considerabilă asupra activităţii Academiei. Guvernul sovietic a apreciat meritele remarcabile ale lui A. F. Ioffe în dezvoltarea ştiinţei prin acordarea înaltei distincţii. În anul 1955 i-a fost acordat titlul de „Erou al muncii socialiste".

A. F. Ioffe era un om excepţional, optimist şi plin de viaţă. El se bucura de o dragoste fierbinte şi recunoştinţă din partea elevilor şi a colaboratorilor săi şi de simpatia celor care l-au cunoscut personal. Datorită numeroaselor conferinţe ţinute în legătură cu problemele actuale ale dezvoltării ştiinţei şi tehnicii sovietice, A. F. Ioffe se bucura de o mare popularitate în cercurile largi ale poporului sovietic.

A. F. Ioffe, savant şi comunist, patriot şi cetăţean al patriei sale, nu şi-a încetat activitatea ştiinţifică şi socială pînă în ultimele minute ale vieţii sale minunate. Încă în cursul acestui an, el a luat cuvîntul la plenara C.C. al P.C.U.S., a făcut o serie de propuneri legate de dezvoltarea ştiinţei şi tehnicii sovietice. Moartea lui A. F. Ioffe este o grea pierdere pentru ştiinţă. Oamenii sovietici vor păstra în inimile lor memoria chipului luminos al savantului patriot.

COMENTARII

Terminologie

CZ 621–52/–53(083.72)

Din însărcinarea Comisiei de automatizare de pe lîngă Prezidiul Academiei R.P.R., un grup de specialişti a întocmit în 1958—1959 o propunere pentru „Termeni şi definiţii în instalaţii automate". Această propunere a fost supusă unei anchete publice, fiind publicată în versiunea iniţială şi în paginile revistei noastre. Colectivul a ţinut seama de unele din sugestiile primite şi în formă finală textul respectiv a fost publicat de Oficiul de stat pentru standarde, invenţii şi inovaţii sub formă de STAS din 1959. S-a putut constata în trecut în publicaţiile de acest gen editate în ţară o mare varietate de termeni pentru acelaşi lucru. Existenţa acestui STAS va aduce o uniformizare în limbajul întrebuinţat în acest domeniu nou şi în felul acesta va permite urmărirea mai uşoară a articolelor şi publicaţiilor de specialitate. Introducerea unei terminologii unitare este din acest punct de vedere un avantaj neîndoios.

Unele critici de ansamblu se pot aduce însă acestei terminologii.

Se constată un abuz de termeni acceptaţi în alternativă. Desigur că sarcina colectivului a fost destul de dificilă în alegerea unui singur termen şi aceasta din cauza influenţelor literaturii de specialitate din alte limbi asupra termenilor deja adoptaţi în limba romînă. Totuşi, s-ar părea că colectivul nu a avut în unele cazuri un punct de vedere ferm şi s-a mărginit a adopta aproape totalitatea termenilor deja întrebuinţaţi. Exemplu: „instalaţie automată cu circuit închis" are în alternativă şi termenii următori: „sistem automat cu circuit închis, servosistem, sistem de reglare automată, reglare automată". Acest exemplu este un caz extrem dar se întîlnesc destul de des 1—2 termeni în alternativă în plus de termenul principal.

Exemplele pentru aplicarea acestei terminologii nu sînt cel mai fericit alese. Credem că ele ar fi trebuit să se refere la instalaţii mai frecvent întîlnite. Ştim că aceste exemple au fost inspirate în cea mai mare parte din normele elveţiene; socotim însă că la o nouă ediţie a STAS va trebui aplicată terminologia la exemple mai uzuale.

Terminologia întrebuinţată în literatura referitoare la maşinile de calcul prezintă de asemenea o prea mare varietate: maşini de calcul, calculatori; apoi adjectivele numeric, digital, aritmetic, cifric etc. se întrebuinţează toate după preferinţele autorilor.

Cu ocazia Consfătuirii tehnico-ştiinţifice asupra maşinilor electronice de calcul, ţinute în Bucureşti între 13—15 ianuarie 1960, organizată de Academia R.P.R., s-a făcut şi o anchetă printre participanţi asupra termenilor recomandaţi a fi întrebuinţaţi în legătură cu maşinile de calcul. Concluziile principale ale acestei anchete sînt următoarele, în care procentele se referă la răspunsurile primite:

Au recomandat întrebuinţarea termenilor:

maşină de calcul	55 %
calculator	45 %

Desigur că pe baza acestei anchete nu s-a putut recomanda nici unul din aceşti termeni.

Au recomandat întrebuinţarea termenilor:

aritmetic, cifric, digital (toate împreună)	30 %
numeric	70 %

Ca o concluzie a acestei anchete s-au făcut următoarele recomandări de terminologie:

Maşină de calcul sau calculator.

Maşină de calcul numeric sau calculator numeric.

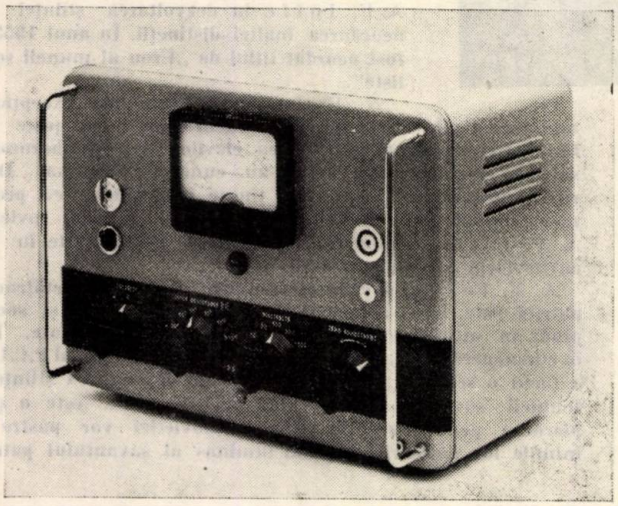
Maşină de calcul analogic sau calculator analogic.

Această recomandare întruneşte acordul marii majorităţi a inginerilor şi cercetătorilor care activează în domeniul studierii şi construcţiei maşinilor de calcul sau au preocupări în legătură cu introducerea lor în practică.

Considerăm că această recomandare este binevenită şi trebuie aplicată în toate publicaţiile.

ING. I. PAPADACHE

ELECTROMETRU ELECTRONIC TIP 2517/M



Un voltmetru de curent continuu cu tuburi electronice avînd o rezistenţă de intrare mare, etalonat pentru măsurări de milivolţi şi microamperi, pentru măsurarea şi cercetarea curenţilor de ionizare şi a curbelor de încărcare şi descărcare a condensatoarelor.

Exportă:

METRIMPEX

Întreprindere ungară de comerţ exterior pentru produsele industriei de instrumente

Adresa: BUDAPEST 62, CĂSUŢA POŞTALĂ 202, UNGARIA

Adresa telegrafică: INSTRUMENT BUDAPEST

СОДЕРЖАНИЕ

TRAPEZNICOV, V.A.: CZ 621–52:33:061.3

Автоматика и человечество. Вступительный доклад на открытии первого Съезда по автоматизации

Automatica şi electronica, 4 (1960) № 6, стр. 241–245

РАБОТЫ ПЕРВОГО МЕЖДУНАРОДНОГО СЪЕЗДА ПО АВТОМАТИЗАЦИИ.

POPOV, M.V.: CZ 621–52:51

Теория непрерывных систем и специальные вопросы по математике.

Automatica şi electronica, 4 (1960) № 6, стр. 247–249

TĂNĂSESCU, T.: CZ 621–53

Автоматические системы оптималиэации и самоприспосабливания.

Automatica şi electronica, 4 (1960) № 6, стр. 250–254

ŞTEFĂNESCU, N.: CZ 621–57

Теория дискретных и статистических систем.

Automatica şi electronica, 4 (1960) № 6, стр. 254–255

HĂNGĂNUŢ M.: ДК 621.3:061.6(8)

Посещение Ленинградского электротехнического института имени В. И. Улианова (Ленина).

Automatica şi electronica, 4 (1960) № 6, стр 255–256

DUMA, M.: CZ 621.398:621–519

Телемеханика и централизованный контроль.

Automatica şi electronica, 4 (1960) № 6, стр. 256–259

NEDELCU, M.: CZ 621–527

Алгебраическая теория схем дискретного действия.

Automatica şi electronica, 4 (1960) № 6, стр. 259–262

TOMA, V.: CZ 681.142–523.8:652.6

Эелктронные счетные машины.

Automatica şi electronica, 4 (1960) № 6, стр. 262–264

POPOVICI, C.: CZ 681.142–523.8:652.6

Электронные счетные машины в автоматизированных переводах.

Automatica şi electronica, 4 (1960) № 6, стр. 264–267

BRÎNZEI, A.: CZ 621–525

Пневматические системы и устройства по контролю и замерам.

Automatica şi electronica, 4 (1960) № 6, стр. 268–269

PENESCU, C.I.: CZ 621–52:621.311.21/.22

Задачи автоматизации силовых установок.

Automatica şi electronica, 4 (1960) № 6, стр. 270–272

DECIANU, GH.: CZ 621–52:669.1

Задачи автоматизации в промышленности черной металлургии.

Automatica şi electronica, 4 (1960) № 6, стр. 272–277

SZEKELY, I.: CZ 621–52:66.02

Поведение обрудования химичоской промышленности в сетях автоматизации.

Automatica şi electronica, 4 (1960) № 6, стр. 277–281

TĂNĂSESCU, T.: CZ 621–52:621.039.8

Использование радиоактивных изотопов в автоматике.

Automatica şi electronica, 4 (1960) № 6, стр. 281–282

INHALTSVERZEICHNIS

TRAPEZNIKOV, V.A.: DK 621–52:33:061.3

Die Automatik und die Menschheit

Die Eröffnungskonferenz des ersten Kongresses der IFAC

Automatica şi electronica, 4 (1960) H. 6, S. 241–245

DIE ARBEITEN DES ERSTEN INTERNATIONALENKONGRESSES FÜR AUTOMATIK

POPOV, M. V.: DK 621–52:51

Die Theorie der kontinuierlichen Systeme und Sonderprobleme der Mathematik

Automatica şi electronica, 4 (1960) H. 6, S. 247–249

TĂNĂSESCU, T.: DK 521–52

Die automatische Systeme für die Optimalisierung und Selbstanpassung

Automatica şi electronica, 4 (1960) H. 6, S. 250–254

ŞTEFĂNESCU, N.: DK 621–527

Die Theorie der diskreten und statistischen Systeme

Automatica şi electronica, 4 (1960) H. 6, S. 254–255

HĂNGĂNUŢ. M.; DK 621.3:061.6 (8)

Ein Besuch beim elektrotechnischen Institut V. I. Ulianov (Lenin) in Leningrad

Automatica şi electronica, 4 (1960) H. 6, S. 255–256

DUMA, M.: DK 621.398:621–519

Telemechanik und zentralisierte Kontrolle

Automatica şi electronica 4 (1960) H. 6, S. 256–259

NEDELCU, M.: DK 621–527

Die algebrische Theorie der Schemas mit diskreten Funetion

Automatica şi electronica 4 (1960) H. 6, S. 259–262

TOMA, V.: DK 681.142–523.8

Die elektronischen Rechenmaschinen

Automatica şi electronica 4 (1960) nr. 6, p. 262–264

POPOVICI, C.: DK 681.145–523.8 652.6

Die elektronischen Rechenmaschinen beim automatischen Übersetzen

Automatica şi eletcronica, 4 (1960) H. 6, S. 264–267

BRÎNZEI, A.: DK 621–525

Pneumatische Systeme und Kontroll-und Messgeräte

Automatica şi electronica, 4 (1960) H. 6, S. 268–269

PENESCU, C. I.: DK 621–52:621.311.21/.22

Die Fragen der Automatisierung bei Kraftanglagen

Automatica şi electronica, 4 (1960) H. 6, S. 270–272

DECIANU, GH.: DK 621–52:669.1

Fragen der Automatisierung in der Hüttenindustrie

Automatica şi electronica, 4 (1960) H. 6, S. 272–277

SZEKELY, I.: DK 621–52:66.02

Das Verhalten der Ausrüstungen der Chemieindustrie in den automatischen Regelungskreisen

Automatica şi electronica, 4 (1960) H. 6, S. 277–281

TĂNĂSESCU, T.: DK 621–52:621.039.8

Die Anwendung der Radioisotopen in der Automatik

Automatica şi electronica, 4 (1960) H. 6, S. 281–282

SOMMAIRE

TRAPEZNICOV, V. A.: CD 621–52 : 33 : 061.3

L'automation el l'humanité
Conférence d'ouverture du premier congrès de l'I.F.A.C.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 6, p. 241–245

LES TRAVAUX DU PREMIER CONGRES INTERNATIONAL D'AUTOMATION.

POPOV, M. V.: CD 621–52 : 51

La théorie des systèmes continus et problèmes spéciaux de mathématiques

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 6, p. 247–249

TĂNĂSESCU, T.: CD 621–52

Les systèmes automatiques d'optimalisation et auto-adaptables

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 6, p. 250–254

ŞTEFĂNESCU, N.: CD 621–527

La théorie des systèmes discrets et statistiques

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 6, p. 254–255

HĂNGĂNUŢ, M.: CD 621.3 : 061.6(S)

Une visite à l'Institut électrotechnique V. I. Ulianov (Lénine) de Léningrade

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 6, p. 255–256

DUMA, M.: CD 621.398 : 621–519

La télémécanique et le contrôle centralisé

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 6, p. 256–259

NEDELCU, M.: CD 621–527

La théorie algébrique des schémas à fonctionnement discret

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 6, p. 259–262

TOMA, V.: CD 681.142–523.8

Les machines électroniques à calculer

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 6, p. 262–264

POPOVICI, C.: CD 681.142–529.8 : 625.6

Les machines électroniques à calculer servant aux traductions automatiques

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 6, p. 264–267

BRÎNZEI, A.: CD 621–525

Systèmes pneumatiques et dispositifs de mesure et de contrôle

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 6, p. 268–269

PENESCU, C. I.: CD 621–52 : 621.311.21/.22

Les problèmes de l'automation des installations de force

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 6, p. 270–272

DECIANU, GH.: CD 621–52 : 669.1

Les problèmes d'automation dans l'industrie sidérurgique

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 6, p. 272–277

SZEKELY, I.: CD 621–42 : 66.02

L'utilisation des outillages de l'industrie chimique dans les circuits d'automation

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 6, p. 277–281

TĂNĂSESCU, T.: CD 521–52 : 621.039.8

L'application des radio-isotopes dans l'automation

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 6, p. 281–282

CONTENTS

TRAPEZNICOV, V. A.: DC 621–52 : 33 : 061.3

Automation and mankind.
The opening conference of the first I.F.A.C. Congress

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 6, p. 241—245

THE PROCEEDINGS OF THE FIRST INTERNATIONAL AUTOMATION CONGRESS.

POPOV, M. V.: DC 621–52 : 51

The theory of continuous systems and special mathematics problems

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 6, p. 247–249.

TĂNĂSESCU, T.: DC 621–53

The optimizing and self-adaptive automatic control systems

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 6, p. 250–254

ŞTEFĂNESCU N.: DC 621–527

The sampling and statistical systems theory.

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 6, p. 254–255

HĂNGĂNUŢ, M.: DC 621.3 : 061. 6 (S)

A visit at the V. I. Ulianov (Lenin) Institute

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 6, p. 255–256

DUMA, M.: DC 621.398 : 621–519

Telemechanics and centralized process control

Automatica şi electronica 4 (1960) no. 6, p. 256–259

NEDELCU, M.: DC 621–527

The algebraic theory of the sampled operating schemes

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 6, p. 259–262

TOMA, V.: DC 681.142–523.8

Electronic computing machines

Automatica şi e.ectronica, 4 (1960) no. 6, p. 262–264

POPOVICI, C.: DC 681.142–523.8 : 652.6

The electronic computers in the automatical translations

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 6, p. 264–267

BRÎNZEI, A.: DC 621–525

Pneumatical systems and inspection and measuring devices

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 6, p. 268–269

PENESCU, C. I.: DC 621–52 : 621.311.21/.22

The problems of the power plants automation

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 6, p. 270–272.

DECIANU, GH.: DC 621–52 :669.1

The problems of automations in the iron and steel industry

Automatica şi electronica, 4 (1960), no. 6, p. 272–277

SZÉKELY, I: DC 621–52 : 66.02

The behaviour of the chemical industry equipments in automation circuits

Automatica şi electronica, 4 (1960) no. 6, p. 277–281

TĂNĂSESCU, T.: DC 621–52 : 621.039.8

The application of radioisotopes in automation

Automatica şi electronica 4 (1960) no. 6, p. 281–282

MŰSZAKI ... 1883

Uzina GRIGORE PREOTEASA

DIN BUCUREȘTI LIVREAZĂ INTERFOANE CU CARACTERISTICILE INDICATE MAI JOS:

Instalația asigură convorbirea între un post central și 10 (20) posturi secundare.

Postul principal poate chema unul, mai multe sau chiar toate posturile secundare simultan prin acționarea cheilor cu buton respective și efectua convorbiri.

Postul secundar poate efectua apel optic și acustic simultan (apelul optic indică postul chemător) iar postul central numai apel acustic.

Sensul de vorbire se schimbă prin apăsarea tastei de convorbire.

Amplificatorul debitează la ieșire o putere de 8 W cu distorsiuni mai mici de 10%.

Instalația are reglaj de volum și corector pentru minim de zgomot de fond.

Alimentarea se face la rețeaua de 120 V sau 220 V, 50 Hz consumînd aproximativ 60 V.A.

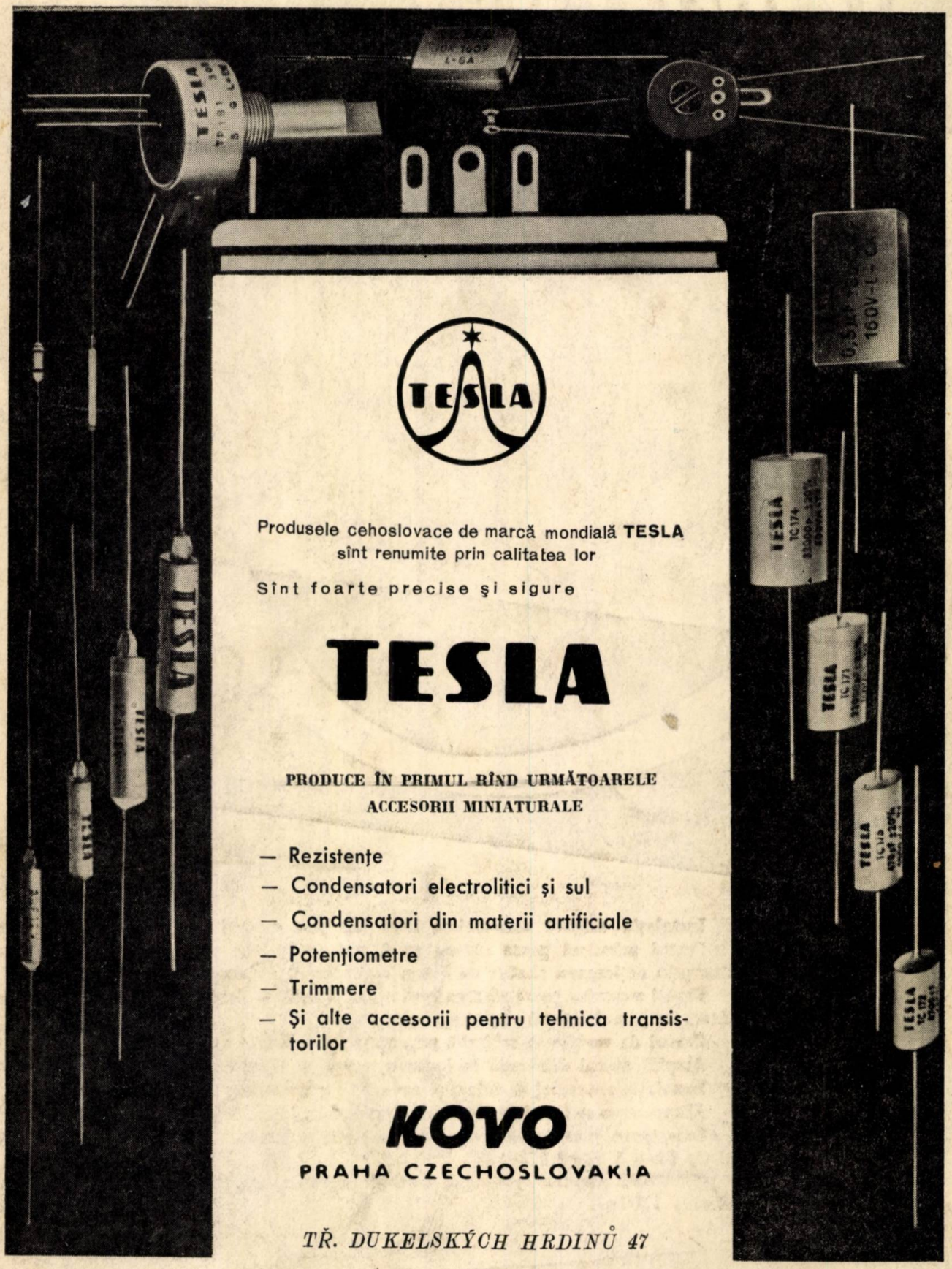
Conectarea postului principal cu posturile secundare se face cu conductori blindați bifilari tip VL mA STAS 1021—56.

Greutatea postului principal este de aproximativ 15 kg, iar a postului secundar aproximativ 1,5 kg.

PENTRU COMENZI A SE ADRESA SERVICIULUI VÎNZĂRI AL

Uzinei GRIGORE PREOTEASA

DIN BUCUREȘTI
CALEA RAHOVEI Nr. 266
Raionul V.I. Lenin ● Tel. 18.34.67



TESLA

Produsele cehoslovace de marcă mondială **TESLA** sînt renumite prin calitatea lor

Sînt foarte precise şi sigure

TESLA

PRODUCE ÎN PRIMUL RÎND URMĂTOARELE ACCESORII MINIATURALE

- Rezistenţe
- Condensatori electrolitici şi sul
- Condensatori din materii artificiale
- Potenţiometre
- Trimmere
- Şi alte accesorii pentru tehnica transistorilor

KOVO

PRAHA CZECHOSLOVAKIA

TŘ. DUKELSKÝCH HRDINŮ 47

I. P. 2, c. 4148

LEI 5